

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-023073

(43)Date of publication of application : 23.01.2002

(51)Int.Cl.

G02B 26/08

B81B 3/00

B81C 1/00

(21)Application number : 2000-200383

(71)Applicant : NTT ELECTRONICS CORP

(22)Date of filing : 03.07.2000

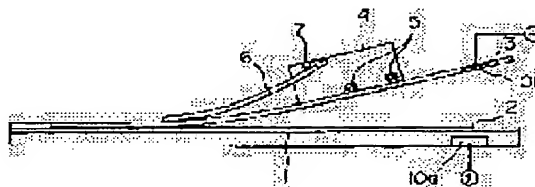
(72)Inventor : YASHIRO TAKEHISA

## (54) MEMS OPTICAL SWITCH AND PRODUCING METHOD THEREFOR

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an MEMS optical switch and a producing method therefor with which vibration resistance, mirror installation accuracy and optical path ON/OFF reliability can be improved.

**SOLUTION:** This MEMS optical switch is structured for switching optical signals corresponding to the vertical movement of a first/second cantilever while having the first cantilever provided on an insulator layer formed on a substrate while fixing one terminal closely to one terminal of the substrate and making the other terminal into free terminal to be sprung upward, a mirror attached through a hinge, which is formed on the upper surface of the first cantilever, vertically onto the upper surface of the first cantilever closely to the free terminal of the first cantilever, the second cantilever provided while being overlapped on the first cantilever while providing a fixed terminal closely to the fixed terminal of the first cantilever and making the other terminal into free terminal formed to be sprung upward so as to hold and fix the mirror through a slit for mirror hold composed of the free terminal and at least one of a signal light radiating means for irradiating the surface of the mirror with light and a signal light incident means for making signal light incident from the surface of the mirror.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The MEMS optical switch characterized by providing the following. The substrate in which one side of the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input is prepared near the 1 edge It is the 1st cantilever in which it is prepared on the insulator layer formed on this substrate, and one edge is fixed near the other end of the aforementioned substrate, the other end is free, the other end of this freedom is a configuration which has been over upward in a natural state, and another side of the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input is established near the other end of this freedom. The mirror attached in the long side of the 1st cantilever of the above through the hinge formed on the upper surface of this 1st cantilever at right angles to the upper surface of this 1st cantilever in parallel near [ other end ] the above of this 1st cantilever It is prepared in piles on the cantilever of the above 1st, and the fixed end is prepared near [ 1 edge ] the above of this 1st cantilever. The 2nd cantilever fixed on both sides of the aforementioned mirror through the slit for mirror pinching which the other end is free, and the other end of this freedom is a configuration which has been over upward in a natural state, and is constituted near [ this ] the other end, At least one of a signal light irradiation means to irradiate signal light toward the field of the aforementioned mirror, and the signal light incidence meanses by which incidence is carried out in the signal light from the field of the aforementioned mirror

[Claim 2] The MEMS optical switch according to claim 1 characterized by having a mirror fixed means by which consist of a salient formed in both sides of the upper part near [ near the free end of the 2nd cantilever of the above of the aforementioned mirror ] the edge, and raise this near the nose of cam of the aforementioned slit for mirror pinching of the 2nd cantilever of the above, and the 2nd cantilever of the above lifts the aforementioned mirror up, and fixes the aforementioned mirror.

[Claim 3] In the direction which whose aforementioned other end of the 1st cantilever of the above is pinched from both sides, and intersects the 1st cantilever of the above Are formed on the aforementioned substrate, and from the 1st cantilever of the above, the two fixed end is isolated and is prepared. Toward the upper part, the two free end which the two free end approaches the 1st cantilever of the above, is prepared, and is close to this 1st cantilever bounds, and come to raise it. In order to forbid the aforementioned other end of the 3rd-4th cantilever and the 1st cantilever of the above from going up too much The MEMS optical switch according to claim 1 or 2 characterized by having the 1st cantilever fault operation prohibition means which has an engagement means to engage with the two free end of the 3rd-4th cantilever of the above.

[Claim 4] The manufacture method of the MEMS optical switch characterized by providing the following. The process which forms an insulator layer on a substrate The process which forms a PSG (Lynn silica glass) layer on this insulator layer, and removes this PSG layer from on near the other end of the aforementioned substrate (field used as the supporting point of the 1st cantilever) The process which is conductivity and forms the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever on this PSG layer and the aforementioned substrate including an impurity The process which carries out patterning of the polycrystal silicon layer for cantilevers of the above 1st to the configuration of the 1st cantilever, The process which forms a PSG layer on the polycrystal silicon layer for cantilevers of the above 1st, and removes this PSG layer from on the field (field used as the supporting point of the 2nd cantilever) partly isolated from near the other end of the aforementioned substrate, The process which forms the polycrystal silicon layer for the 2nd cantilever on the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever of the above this PSG layer top, The process which carries out patterning of the polycrystal silicon layer for this 2nd cantilever to the configuration of the 2nd cantilever of having a slit for mirror pinching at one edge, The process which forms a PSG layer on the polycrystal silicon layer for cantilevers of the above 1st, and the polycrystal silicon layer for cantilevers of the above 2nd, The process which \*\*\*\*\* in order to form the salient for mirror fixation on the cantilever of the above 1st, The process which forms the polycrystal silicon layer for mirrors on this PSG layer, and the polycrystal silicon layer for these mirrors The process to which it is made for the one section of one side which carries out patterning to the configuration of a mirror of having a hinge along with one side, and has this hinge to be located between the aforementioned slits for mirror pinching, The process which forms a PSG layer, and the process which removes the aforementioned PSG layer from the field used as the supporting point of a hinge, The process which it leaves so that a polycrystal silicon layer may be formed and a mirror edge may come for the configuration of the clasp for hinges between slits by etching, The process which \*\*\*\*\* the PSG layer near the other end of the polycrystal silicon layer of the process which it leaves by etching, and the object for the cantilevers of the above 1st and the object for the 2nd cantilever of the above in the configuration of the aforementioned salient for mirror fixation, The process which forms the double layer of a chromium layer and a gold layer on this polycrystal silicon layer, The process which forms a gold layer on the polycrystal silicon layer for the aforementioned mirrors, and the aforementioned PSG layer are dissolved. The polycrystal silicon layer for the 1st cantilever of the above is converted into the 1st cantilever to which the other end is curving toward above in a

natural state. The polycrystal silicon layer for the 2nd cantilever of the above is converted into the 2nd cantilever to which the other end is curving toward above in a natural state. The process which makes a direction change of the aforementioned mirror perpendicularly to the upper surface of the 1st cantilever of the above through the aforementioned slit for mirror pinching, and fixes this mirror through the aforementioned mirror fixed means, The process which forms a signal light irradiation means to irradiate signal light toward the field of the aforementioned mirror, and the process which forms the signal light incidence means by which incidence is carried out in the signal light from the field of the aforementioned mirror

[Claim 5] The manufacture method of the MEMS optical switch according to claim 4 characterized by providing the following. The two free end which the aforementioned other end of the 1st cantilever of the above is pinched from both sides, and the two fixed end is isolated from the 1st cantilever of the above on the aforementioned substrate in the direction which intersects the 1st cantilever of the above, and is curving toward above in a natural state is processes which form the 3rd-4th cantilever close to the 1st cantilever of the above. The process which forms an engagement means to engage with the two free end of the 3rd-4th cantilever of the above in order to forbid the aforementioned other end of the 1st cantilever of the above from going up too much

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to improvement and improvement of the manufacture method of a micro electro mechanical system (it is called MEMS for short below micro electro mechanical system.) optical switch. It is related with improvement which changes the course perpendicularly with high precision exact moreover easily, and enables it to start automatically the mirror which improves mechanism precision, and improves reliability in improvement of structure, and is especially formed in the plane parallel to a substrate in improvement of the manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the manufacture method of a semiconductor device, the alternative exposing method which exposes a photoresist alternatively using a photo mask, and a photoresist [ finishing / the aforementioned exposure ] are developed, the mask for etching is manufactured, and forming cycles for semiconductor device manufacture, such as the alternative etching method for making alternative etching using this mask for etching and the patterning method made using the lift-off method and these further, are known widely. This forming cycle for semiconductor device manufacture is used, and the truth object manufactured using the process and the \*\*\*\*\* process of manufacturing truth objects other than a semiconductor device is called micro electro marker NIKARU system (it is called MEMS for short below micro electro mechanical system.). various kinds of mechanisms with this detailed MEMS process — it is used also for the manufacture method of a member — it can have — this specification — setting — \*\*\*\*\* — a detailed mechanism member will be called MEMS element

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] It is manufactured using a \*\*\*\*\* MEMS process and the optical switch the dimension of whose is 1mm or less is known. this invention is improvement of this MEMS optical switch. A mirror is being fixed perpendicularly on a cantilever, the cantilever which supports this mirror drives using electrostatic force in the MEMS optical switch concerning the conventional technology, and although \*\*\*\*\* (ed), since it is hard avoiding a certain amount of backlash in the micro hinge mechanism currently used in order [ which turns a lightwave signal on and off ] to support a mirror perpendicularly, there is a fault that vibration-proof nature is bad, mirror installation precision is bad, and the reliability of optical-path turning on and off is inferior. Moreover, in the manufacture method, there is a fault that the work which changes the course perpendicularly and starts the mirror currently formed in the plane parallel to a substrate is not easy.

[0004] The purpose of this invention is to cancel the above-mentioned fault, and its vibration-proof nature is good. Mirror installation precision is good and it is in offering a MEMS optical switch excellent in the reliability of optical-path turning on and off. It is in offering the manufacture method of the MEMS optical switch it is made to have the method of changing the course perpendicularly with high precision and exact moreover starting automatically easily the mirror currently formed in the plane parallel to a substrate in addition to it.

[0005] The 1st purpose (offer of a MEMS optical switch) among the above-mentioned purposes The substrate in which one side of the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input is prepared near the 1 edge, It is prepared on the insulator layer formed on this substrate, and one edge is fixed near the other end of a substrate (supporting-point field of the 1st cantilever). The other end is free and the other end of this freedom is curving toward above in a natural state (being the configuration which has been over upward). The 1st cantilever in which another side of the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input is established near the other end of this freedom, Near [ aforementioned ] the other end of the 1st cantilever (supporting-point field of the 2nd cantilever) The mirror attached in the long side of the 1st cantilever through the hinge formed on the upper surface of the 1st cantilever at right angles to the upper surface of the 1st cantilever in parallel, It is prepared in piles on the 1st cantilever, and the fixed end is prepared near [ aforementioned ] the 1 edge of the 1st cantilever. The other end is free and the other end of this freedom is curving toward above in a natural state (being the configuration which has been over upward). The 2nd cantilever fixed on both sides of a mirror through the slit for mirror pinching which the other end of this freedom constitutes, It is attained by the MEMS optical switch of structure which has at least one of a signal light irradiation means to irradiate light toward the field of a mirror, and the signal light incidence meanses by which incidence is carried out in the signal light from the field of a mirror. It is effective to establish a mirror fixed means by which a mirror is lifted up and fixed in the MEMS optical switch of the above-mentioned structure by consisting of a salient formed in a mirror side, and raising this salient by the 2nd cantilever in order to ensure fixation of a mirror in order to improve mechanism precision, especially mirror installation precision and to improve reliability. the above — also in the MEMS optical switch of which structure, since there is a possibility that the other end of the 1st cantilever may go up too much In order to cancel this fault,

the aforementioned other end of the 1st cantilever is pinched from both sides. It is formed on a substrate, and the two fixed end is isolated and prepared in the direction which intersects the 1st cantilever from the 1st cantilever. The 3rd-4th cantilever formed by the two free end which is curving toward above in a natural state approaching the 1st cantilever is prepared. Establish an engagement means to engage with the two free end of this 3rd-4th cantilever, and this engagement means is used. It is effective to establish 1st cantilever fault operation prohibition means to suppress that the nose of cam (other end) of the 1st cantilever goes up too much in order to improve safety and reliability.

[0006] The 2nd purpose (offer of the manufacture method of a MEMS optical switch) among the above-mentioned purposes The process which forms an insulator layer on a substrate, and the process which forms a PSG (Lynn silica glass) layer on this insulator layer, and removes this PSG layer from on near the other end of a substrate (field used as the supporting point of the 1st cantilever). The process which is conductivity and forms the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever on this PSG layer and a substrate including an impurity. The process which carries out patterning of the polycrystal silicon layer for this 1st cantilever to the configuration of the 1st cantilever. The process which forms a PSG layer on the polycrystal silicon layer for the 1st aforementioned cantilever, and removes this PSG layer from on the field (field used as the supporting point of the 2nd cantilever) partly isolated from near the other end of a substrate. The process which forms the polycrystal silicon layer for the 2nd cantilever on the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever this PSG layer top. The process which carries out patterning of the polycrystal silicon layer for this 2nd cantilever to the configuration of the 2nd cantilever of having a slit for mirror pinching at the end. The process which forms a PSG layer on the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever, and the polycrystal silicon layer for the 2nd cantilever. The process which \*\*\*\*\*s the salient for mirror fixation to a formation sake on the 1st cantilever. The process which forms the polycrystal silicon layer for mirrors on this PSG layer, and the polycrystal silicon layer for these mirrors The process which carries out patterning so that a part of one side which has a hinge in the configuration of a mirror of having a hinge along with one side may be located between the slits for mirror pinching. The process which removes the process which forms a PSG layer, and this PSG layer from the field which becomes with the supporting point of a hinge, and it leaves to the height for mirror fixation. The process which forms the double layer of a chromium layer and a gold layer in the top near the other end of the polycrystal silicon layer the object for the 1st cantilever, and for the 2nd cantilever. The process which forms a gold layer on the polycrystal silicon layer for mirrors, and a PSG layer are dissolved. The polycrystal silicon layer for the 1st cantilever is converted into the 1st cantilever to which the other end is curving toward above in a natural state. The polycrystal silicon layer for the 2nd cantilever is converted into the 2nd cantilever to which the other end is curving toward above in a natural state. The process which makes a direction change of the mirror perpendicularly to the upper surface of the 1st cantilever through the slit for mirror pinching, and fixes a mirror through a mirror fixed means. It is attained by the manufacture method of the MEMS optical switch which has the process which forms a signal light irradiation means to irradiate signal light toward the field of a mirror, and the process which forms the signal light incidence means by which incidence is carried out in the signal light from the field of a mirror. It is effective to form the 1st cantilever fault operation prohibition means explained in the paragraph 0005 here.

[0007]

[Function] this invention is improvement which improves the mechanism precision, especially mirror installation precision of the MEMS optical switch manufactured using the alternative exposing method widely learned as a forming cycle for semiconductor device manufacture, the alternative etching method, the lift-off method, the patterning method made using these methods, and improves reliability. In the MEMS optical switch concerning the conventional technology, although the mirror is being fixed perpendicularly on a cantilever Since it was hard to avoid a certain amount of backlash in the micro hinge mechanism currently used in order to support a mirror perpendicularly and there was a fault that vibration-proof nature was bad, mirror installation precision was bad, and the reliability of optical-path turning on and off was inferior In order to cancel this fault, the new concept of the 2nd cantilever is introduced. to this 2nd cantilever This also forms the slit for mirror pinching which is a new concept, and this 2nd polycrystal silicon layer for cantilevers is formed through the PSG layer except for the supporting-point field on the 1st polycrystal silicon layer for cantilevers. Furthermore, except for the supporting-point field of a hinge, form the polycrystal silicon layer for mirrors through the PSG layer on it, and, finally a PSG layer is dissolved. The 1st cantilever, 2nd cantilever, and mirror are collectively changed into a free state simultaneously, and a mirror will be started automatically. Consequently, on the 1st cantilever, a mirror will be automatically started through the slit for mirror pinching, and will be held perpendicularly after that. Furthermore, in order to carry out enhancing of the accuracy of this maintenance posture, the new concept of a mirror fixed means is introduced, and it will be perpendicularly held very correctly by the mirror on the 1st cantilever. In addition, the new concept of the 1st cantilever fault operation prohibition means is introduced, the fault that there is a possibility that the other end of the 1st cantilever may go up too much is canceled, and safety and reliability are improving notably. In addition, it is the deposition temperature (it is an elevated temperature comparatively.) of chromium and gold about the double layer of a chromium layer and a gold layer on the polycrystal silicon layer for cantilevers. [0008] which is for making the 1st, the 2nd, the 3rd, and 4th cantilever 3 and 6, 8, and 8 into the configuration which leaps up toward the upper part in ordinary temperature when dissolution removal of the layer of PSG which uses fluoric acid (HF) and makes the ground of the polycrystal silicon layer for cantilevers in a next process is carried out the passage of the above [ these four new concepts (2nd cantilever, slit for mirror pinching, mirror fixed means and 1st cantilever fault operation prohibition means) newly introduced ] — a MEMS optical switch — structural profits — \*\*\*\*, although things are clear In addition, the above-mentioned new concept sets to the final process (process which dissolves a PSG layer, bundles up the 1st cantilever, 2nd cantilever, and mirror, and is simultaneously changed into a free state) of the manufacturing process of a MEMS optical switch. the method-profits that a mirror can be automatically turned now perpendicularly with high precision exact moreover

easily -- \*\*\*\* -- things are important

[0009]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the manufacture method of a MEMS optical switch and a MEMS optical switch concerning this invention is explained.

[0010] 1st example (it corresponds to claim 1-2) drawing 1 and drawing 2 reference drawing 1 are side elevations, and drawing 2 is a plan. In drawing, 1 is a silicon substrate and one example of a size is 700micrometerx200micrometer. In drawing, 2 is an insulator layer which consists of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> board, 3 is the 1st cantilever, and the left end is fixed to the insulator layer 2, and it is functioning as the supporting point, and the right end is the free end and is in the state of leaping up upward, in drawing. The reason for leaping up upward is that an above strain generates the 1st cantilever 3 in the 1st cantilever 3 in ordinary temperature since the double layer of a chromium layer and a gold layer is formed in the deposition temperature (it is an elevated temperature comparatively.) of chromium and gold on the polycrystal silicon layer. 4 is a mirror, and the lower side is attached in the 1st cantilever 3 through the micro hinge 5, and is being fixed to it at right angles to the upper surface of the 1st cantilever 3. In drawing, 6 is the 2nd cantilever concerning the summary of this invention, and the left end is fixed to the 1st cantilever 3, and it is functioning as the supporting point, and the right end is the free end and is changed into the state of leaping up upward, in drawing. The 1st cantilever 3 is based on the completely same reason as being in the state of leaping up upward. Let the nose of cam (right end) of the 2nd cantilever 6 be the slit for mirror pinching whose mirror 4 is pinched. After having the process which carries out the following and forming each part material in a monolithic, in the process which stands the mirror 4 currently formed in parallel with the field of a substrate 1 in the direction perpendicular to a substrate 1, a mirror 4 starts automatically through the above-mentioned slit for mirror pinching. 7 is a mirror fixed means (it is the salient prepared in both sides of a mirror.) to fix a mirror, it engages with the 2nd cantilever 6, lifts a mirror 4 upward, and has the function to hold a mirror 4 perpendicularly correctly. The above composition is the mirror drive which moves a mirror 4 up and down in drawing.

[0011] In drawing 1 and a drawing 2 re-reference view, 10a and 10b are the electrodes of the cantilever driving means to which voltage is impressed between a substrate 1 and the 1st cantilever 3, electrostatic field are generated, the 1st cantilever 3 is moved up and down in drawing, and a mirror 4 is moved up and down in drawing, i.e., the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input. 11a, 11b, and 11c are optical-system meanses for an optical-path change (an optical fiber, an optical waveguide, a light emitting device, photo detector, etc.) by which an optical path is changed by the vertical directional movement of the 1st cantilever 3. For example, it sets in the state where a mirror 4 is in a high position. For example, the light injected from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device For example, in the state where incidence is carried out to 11c, such as an optical fiber, a photo detector, etc. for light-receiving, and a mirror 4 is in a low position, the light injected, for example from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device, operates as incidence is carried out to 11b, such as for example, an optical fiber, a photo detector, etc. for light-receiving. In addition, in drawing 2, although the optical-system meanses for an optical-path change separates and is illustrated from the substrate, the relative position of each part material is expressed and there is no special meaning.

[0012] 2nd example (it corresponds to claim 3) drawing 3 and drawing 4 reference drawing 3 are side elevations, and drawing 4 is a plan. In drawing, 1 is a silicon substrate, a configuration is a rectangle, the length of a long side is 900 micrometers and the length of a size of a shorter side is 800 micrometers. In drawing, 2 is an insulator layer which consists of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 3 is the 1st cantilever, and the left end is fixed to the insulator layer 2, and it is functioning as the supporting point, and the right end is the free end and is in the state of leaping up upward, in drawing. The reason is the same as the reason indicated in the 1st example. 4 is a mirror, and the lower side is attached in the 1st cantilever 3 through the micro hinge 5, and is being fixed to it at right angles to the upper surface of the 1st cantilever 3. In drawing, 6 is the 2nd cantilever concerning the summary of this invention, and the left end is fixed to the 1st cantilever 3, and it is functioning as the supporting point, and the right end is the free end and is in the state of leaping up upward, in drawing. The reason is also the same as the reason indicated in the 1st example. Let the nose of cam (right end) of the 2nd cantilever 6 be the slit for mirror pinching whose mirror 4 is pinched. After having the process which carries out the following and forming each part material in a monolithic, in the process which stands the mirror 4 currently formed in parallel with a substrate 1 in the direction perpendicular to a substrate 1, a mirror 4 starts automatically through the above-mentioned slit for mirror pinching. 7 is a mirror fixed means (it is the salient prepared in both sides of a mirror.) to fix a mirror, and by raising this salient by the 2nd cantilever 6, a mirror 4 is lifted up and it is fixed perpendicularly correctly. The above composition is the mirror drive which moves a mirror 4 up and down in drawing. Moreover, 8 is the 3rd-4th cantilever and 9 is the engagement meanses of the 1st cantilever fault operation prohibition means which forbids excessive elevation of the 1st cantilever.

[0013] In drawing 3 and a drawing 4 re-reference view, 10a and 10b are the electrodes of the cantilever driving means to which voltage is impressed between a substrate 1 and the 1st cantilever 3, electrostatic field are generated, the 1st cantilever 3 is moved up and down in drawing, and a mirror 4 is moved up and down in drawing, i.e., the electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input. 11a, 11b, and 11c are optical-system meanses for an optical-path change (an optical fiber, an optical waveguide, a light emitting device, photo detector, etc.) by which an optical path is changed by the vertical directional movement of the 1st cantilever 3. For example, it sets in the state where a mirror 4 is in a high position. For example, the light injected from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device For example, in the state where incidence is carried out to 11c, such as an optical fiber, a photo detector, etc. for light-receiving, and a mirror 4 is in a low position, the light injected, for example from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device, operates as incidence is carried out to 11b, such as for example, an optical fiber, a photo detector,

etc. for light-receiving. In addition, in drawing 4 , although the member of the one section of the optical-system means for an optical-path change separates from a part and is illustrated from the substrate, the relative position of each part material is expressed and there is no special meaning.

[0014] The drawing 5 reference view is drawing which looked at drawing 3 from the right. In drawing, 8 is the 3rd-4th two cantilever, and 9 is the engagement means of the 1st cantilever fault operation prohibition means which forbids an excessive rise of the 1st cantilever. The engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means is established, and the feature of this example is that the 1st cantilever is forbidden from going up excessively.

[0015] Next, the manufacturing process of the above-mentioned MEMS optical switch is explained. In the process concerning this invention, CVD can be used for the formation process of a layer and it is usable also by the wet etching method or the dry etching method at a removal process. And in the process which dissolves the PSG layer by which polycrystal silicon is formed on it, and changes a polycrystal silicon layer into a free state, the natural laws that fluoric acid (HF) has strong alternative solubility to PSG are used positively. In the following explanation, etchant etc. is not indicated but indicates each process comparatively simple. In addition, in [ the 1st example and the 2nd example ] process, since it is the same in general, as an example (the 3rd example) of the manufacture method, the manufacture method of the MEMS optical switch of the same structure as the 2nd example is indicated. Moreover, since the manufacturing process (the same drawing ( drawing 20 ) is referred to since the manufacturing process of the clasp of the engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means is also completely the same as that of this.) of the micro hinge 5 for mirrors, the manufacturing process of the mirror fixed means 7, and the manufacturing process of the bar of the stopper of the engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means are complicated, only these are indicated separately.

[0016] The 3rd example (structure is the same as the 2nd example)

Drawing 6 and drawing 7 reference drawing 6 are side elevations, and drawing 7 is a plan. 1 is a silicon substrate, a configuration is a rectangle, the length of a long side is 900 micrometers and the length of a shorter side is 800 micrometers. In drawing of a silicon substrate 1, electrode 10a for an optical-switch on-off-control-action signal input (refer to drawing 3 ) is formed in the right end. 2 is formed four layers of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> on a silicon substrate 1, and the PSG layer (phospho silicateglass Lynn silica glass) 21 is formed on it. The above-mentioned PSG layer 21 is removed from the field (it sets to drawing 7 and is the square of a right-hand side vertical edge) used as the field (it sets to drawing 6 and drawing 7 , and is a left end square) used as the supporting point of the 1st cantilever 3, and the supporting point of the 3rd-4th cantilever 8. The reason for using PSG is for carrying out dissolution removal of the layer of this PSG using fluoric acid, floating from a ground layer and changing into a free state the layer of the polycrystal silicon formed on it in a next process. Moreover, the reason for removing the layer of PSG from the field used as the supporting point is for fixing the layer 3-8 of polycrystal silicon in the layer 2 of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> only in the field.

[0017] Drawing 8 and drawing 9 reference drawing 8 are side elevations, and drawing 9 is a plan. The polycrystal silicon layer 3 for the 1st cantilever and the layer 3 (since it is the same as that of the polycrystal silicon layer for the 1st cantilever, although 3 takes at the beginning) of the polycrystal silicon for the 3rd-4th cantilever which the impurity is doped on the PSG layer 21 and are conductivity later, it shifts to eight It forms and patterning of this is carried out to the configuration of the 1st cantilever 3, and the configuration of the 3rd-4th cantilever 8. Moreover the PSG layer 32 is formed and this is removed from the field (it sets to drawing 9 and is the square field of central white) used as the supporting point of the 2nd cantilever 6.

[0018] Drawing 10 and drawing 11 reference drawing 10 are side elevations, and drawing 11 is a plan. The layer 6 of the polycrystal silicon for the 2nd cantilever is formed, and patterning of this is carried out to the configuration of the 2nd cantilever 6. The configuration of the 2nd cantilever 6 is made into the configuration which has a slit for mirror pinching, and the guide of the V typeface which leads a mirror to this slit for mirror pinching previously at the one edge (it sets to drawing 10 and drawing 11 , and is a right end). A left end is a field used as the supporting point.

[0019] Drawing 12 and drawing 13 reference drawing 12 are side elevations, and drawing 13 is a plan. Opening (shown also with this [ 7 ] for convenience.) used in order that the PSG layer 62 may be formed and the mirror fixed means (a configuration is a salient.) 7 prepared in both sides of a mirror 4 may form on the other hand (one side side) is formed. In order to make an understanding easy, the character for explanation is used for drawing 13 .

[0020] Drawing 14 and drawing 15 reference drawing 14 are side elevations, and drawing 15 is a plan. The layer 4 of the polycrystal silicon for mirrors and the polycrystal silicon layer 4 (it shifts to 9 in the future.) for engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means are formed, and patterning of this is carried out to the configuration of a mirror 4, and the configuration of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever. At this time, one side by the side of the rear face of the mirror fixed means (salient) 7 is formed in the rear face of a mirror 4 at a mirror 4. Moreover, the opening 41 for the micro hinge 5 formation for mirrors is formed in a mirror 4. In order to make an understanding easy, the character for explanation is used after this drawing.

[0021] Drawing 16 and the drawing 17 reference PSG film 100 are formed. Then, the contact hole 91 for the clasps for hinges of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever which forbids the contact hole 42 for mirrors for mirror fixed means (salient) 7, the contact hole 42 for clasps of the micro hinge 5, and excessive elevation of the 1st cantilever 3, and the contact hole 92 for the bars of the stopper of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever are \*\*\*\*\*ed, respectively.

[0022] Drawing 18 and the drawing 19 reference polycrystal silicon layer (\*\* which does not \*\*\*\* as the whole but attaches a number for every each part material as follows.) are formed. And a patterning process is used and, on the other hand, 140 and the clasp 120 of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the



1st cantilever which forbids excessive elevation of the 1st cantilever 3 by the side of the clasp 130 of the micro hinge 5 for mirrors and the front face of the mirror fixed means (salient) 7, and the bar 150 of the stopper of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever which forbids excessive elevation of the 1st cantilever 3 are formed. These (with the clasp 130 (structure is the same as that of the clasp 120 of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever 3) of the micro hinge 5 (refer to [drawing 1](#) , [drawing 2](#) , [drawing 3](#) , and [drawing 4](#) ) for mirrors) On the other hand, if the post of each structure and manufacture method of 140 and the bar 150 of the stopper of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever which forbids excessive elevation of the 1st cantilever 3 by the side of the front face of the mirror fixed means (salient) 7 is taken, [drawing 20](#) , [drawing 21](#) , and [drawing 22](#) are referred to. It explains below.

[0023] The structure and the manufacture method (the same as that of the structure of the clasp 120 of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever 3, and the manufacture method) of the micro hinge 5 for the [drawing 20](#) reference mirrors

On the 1st cantilever layer 3 (the same as that of the 3rd [ the ] and 4th cantilever layer 8) Deposit the PSG layer 32, and deposit the PSG layer 62 on it and the mirror layer 4 (the same as that of the polycrystal silicon layer for the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever 3) is deposited on it.

Carry out patterning of this, deposit the PSG layer 100 on it, also boil PSG32 and PSG62 \*\*\*\* under it, carry out patterning of this, and patterning of the polycrystal silicon layer 130 (the same as that of the polycrystal silicon layer 120) is deposited and carried out. The clasp 130 (the same as that of the clasp 120 of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever 3) of the micro hinge 5 (refer to [drawing 1](#) , [drawing 2](#) , [drawing 3](#) , and [drawing 4](#) ) for mirrors is formed. Each of these processes will be suitably incorporated into the above-mentioned main part manufacturing process, and will form the configuration to illustrate as a result. In the PSG layer dissolution process which carries out the following, if a PSG layer is dissolved, it will become a hinge 5 (the same as that of the clasp 120 of the engagement means 9 of the fault operation prohibition means of the 1st cantilever 3).

[0024] The PSG layer 32 is deposited on the cantilever layer 3 of the structure of the [drawing 21](#) reference mirror fixed means (salient) 7, and the manufacture method 1st, the PSG layer 62 is deposited on it, patterning of this is carried out, the mirror layer 4 is deposited on it, the PSG layer 100 is deposited on it, patterning of this is carried out, and patterning of the polycrystal silicon layer 140 is deposited and carried out. A salient (a surface salient is 140) is formed in the rear face and front face of a mirror 4 of this process. Each of these processes will be suitably incorporated into the above-mentioned main part manufacturing process, and will form the configuration to illustrate as a result. In the PSG layer dissolution process which carries out the following, if a PSG layer is dissolved, it will become the mirror fixed means (salient) 7.

[0025] The PSG layer 32 is deposited on the cantilever layer 8 (the same as that of the 1st cantilever layer 3) of the structure of the bar 150 of the stopper of the engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means which forbids excessive elevation of the 1st cantilever 3 of the [drawing 22](#) reference, and the manufacture method 3-4ths. Deposit the PSG layer 62 and the polycrystal silicon layer 9 for engagement meanses which forbids excessive elevation of a cantilever is deposited. Patterning of this is carried out, the engagement means 9 of the 1st cantilever fault operation prohibition means is formed, the PSG layer 100 is deposited on it, patterning of this is carried out, and patterning of the polycrystal silicon layer 150 is deposited and carried out. Each of these processes will be suitably incorporated into the above-mentioned main part manufacturing process, and will form the configuration to illustrate as a result.

[0026] [Drawing 23](#) and after that [ [drawing 24](#) reference ], the 1st, the 2nd, the 3rd, and 4th cantilever 3 and 6, and the PSG layer 32-62-62-62-100 on 8-8 are \*\*\*\*\*ed, and the double layer 31-61 of a chromium layer and a gold layer is formed on the polycrystal silicon layer 3-6-8-8 which is the ground. Moreover, a gold layer 43 is formed on a mirror 4. It is for forming a mirror plane. In a next process, the reason for forming the double layer of these chromium layers and gold layers is for making the 1st, the 2nd, the 3rd, and 4th cantilever 3 and 6, 8, and 8 into the configuration which leaps up toward the upper part, when dissolution removal of the layer of the above-mentioned PSG is carried out using fluoric acid (HF).

[0027] It floods with the solution of [drawing 3](#) , [drawing 4](#) , [drawing 5](#) re-reference, and [drawing 25](#) reference fluoric acid (HF), all the PSG layers 21, 32, 62, and 100 are dissolved, and the 1st, the 2nd, the 3rd, and 4th cantilever 3 and 6, 8, and 8 are floated upward. At this time, as are shown in [drawing 25](#) , and shown in [drawing 25](#) with a dashed line at the beginning The mirror 4 currently formed on the 1st cantilever 3 common is interlocked with standup operation of the 2nd cantilever 6. by the slit for mirror pinching of the 2nd cantilever 6 Automatically, a mirror 4 starts perpendicularly to the upper surface of the 1st cantilever 3, is lifted upward by work of the mirror fixed means (salient) 7, and is correctly fixed perpendicularly so that it may be shown with an arrow. Thus, the main part of a MEMS optical switch is completed. Next, electrode 10b for an optical-switch on-off-control-action signal input (refer to [drawing 3](#) ) is formed. Furthermore, the optical path from which an optical path is changed with this MEMS optical-switch main part by the vertical directional movement of the 1st cantilever 3 arranges optical-system meanses (optical fiber, optical-transmission-line, light-emitting-device, photo detector, etc.) 11a, 11b, and 11c for a change so that it may illustrate. In the state where this optical-system meanses for an optical-path change has a mirror 4 in a high position For example, the light injected from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device For example, in the state of carrying out incidence to 11c, such as an optical fiber, a photo detector, etc. for light-receiving, and being in a mirror 4 low position, the light injected, for example from 11a, such as an irradiation delivery-volume optical fiber and a light emitting device, operates as incidence is carried out to 11b, such as for example, an optical fiber, a photo detector, etc. for light-receiving.

[0028]

[Effect of the Invention] Although the alternative exposing method, the alternative etching method, the lift-off

method, the patterning method made using these widely learned as a forming means for semiconductor device manufacture are used as a usual state of a MEMS element in the MEMS optical switch concerning the invention in this application as explained above. The new concept of the 2nd cantilever which has a slit for mirror maintenance is introduced. Form this 2nd cantilever layer through a PSG layer on the 1st cantilever layer, and further, form a mirror layer through a PSG layer on it, and a PSG layer is dissolved after that. The 1st cantilever, 2nd cantilever, and mirror layer with package \*\*\*\*\* A mirror layer will be correctly started perpendicularly by considering the slit for mirror pinching attached to the 2nd cantilever as a guide, and a mirror will be correctly held perpendicularly through the slit for mirror pinching on the 1st cantilever. Furthermore, in order to carry out enhancing of this maintenance accuracy, the new concept of a mirror fixed means will be introduced, and a mirror will be perpendicularly held very correctly on the 1st cantilever. In addition, the new concept of the 1st cantilever fault operation prohibition means is introduced, the fault that there is a possibility that the other end of the 1st cantilever may go up too much is canceled, and safety and reliability improve notably. Thus, according to the MEMS optical switch concerning the invention in this application, the MEMS optical switch vibration-proof nature, mirror installation precision, and whose reliability of optical-path turning on and off improved can be offered.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The side elevation of the optical switch concerning the 1st example of the invention in this application
- [Drawing 2] The plan of the optical switch concerning the 1st example of the invention in this application
- [Drawing 3] The side elevation of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application
- [Drawing 4] The plan of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application
- [Drawing 5] The side elevation of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (drawing which looked at drawing 3 from the right)
- [Drawing 6] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 7] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 8] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 9] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 10] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 11] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 12] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 13] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 14] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 15] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 16] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 17] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 18] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 19] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 3rd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 20] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 21] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 22] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 23] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (plan)
- [Drawing 24] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (side elevation)
- [Drawing 25] The manufacturing process view of the optical switch concerning the 2nd example of the invention in this application (perspective diagram)

## [Description of Notations]

- 1 Silicon Substrate
- 2 Insulator Layer Which Consists of 3OSi4 Board
- 3 1st Cantilever
- 4 Mirror
- 5 Micro Hinge
- 6 2nd Cantilever
- 7 Mirror Fixed Means (Salient)

8 3rd-4th Cantilever  
9 Engagement Means of Fault Operation Prohibition Means of 1st Cantilever  
10aand10b Electrode for an optical-switch on-off-control-action signal input  
11aand11b Optical-system meanses for an optical-path change (optical fiber etc.)  
21-32-62-100 PSG layer  
31-61 Double layer of a chromium layer and a gold layer  
41 Opening for Micro Hinge Formation for Mirrors  
42 Contact Hole for Clasps of Contact Hole Micro Hinge for Mirrors  
43 Gold Layer  
91 Contact Hole for Clasps of Engagement Means 9 of Fault Operation Prohibition Means of 1st Cantilever  
92 Contact Hole for Bars of Stopper of Engagement Means 9 of Fault Operation Prohibition Means of 1st Cantilever  
120 Clasp of Engagement Means 9 of Fault Operation Prohibition Means of 1st Cantilever  
130 Clasp of Micro Hinge 5 for Mirrors  
140 One Side by the side of Front Face of Mirror Fixed Means (Salient) 7  
150 Bar of Stopper of Engagement Means 9 of Fault Operation Prohibition Means of 1st Cantilever

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

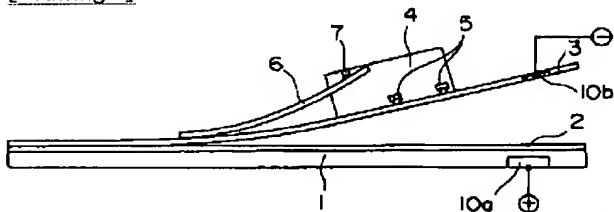
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

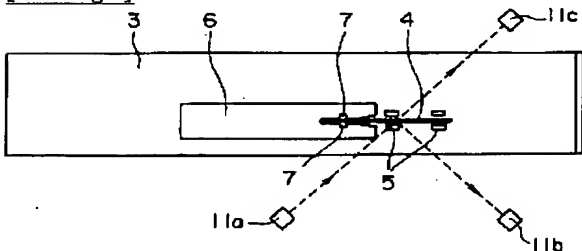
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

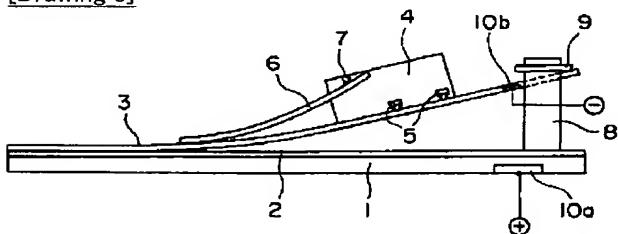
[Drawing 1]



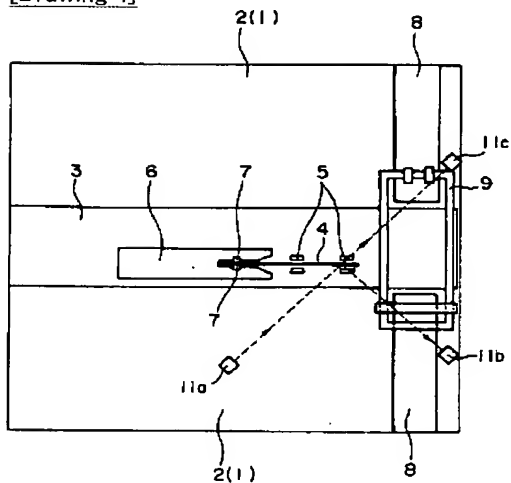
[Drawing 2]



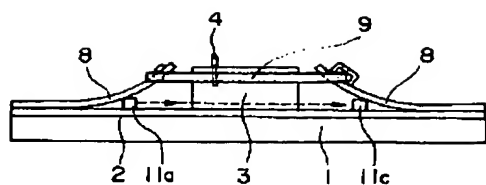
[Drawing 3]



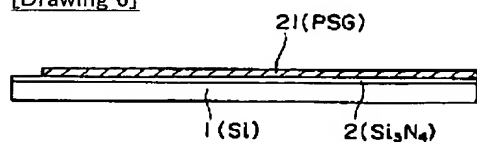
[Drawing 4]



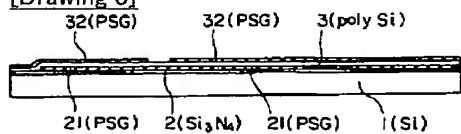
[Drawing 5]



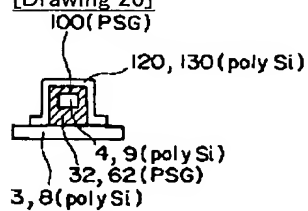
[Drawing 6]



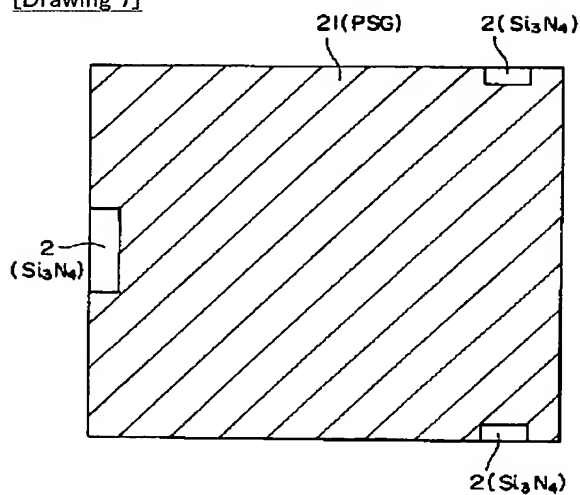
[Drawing 8]



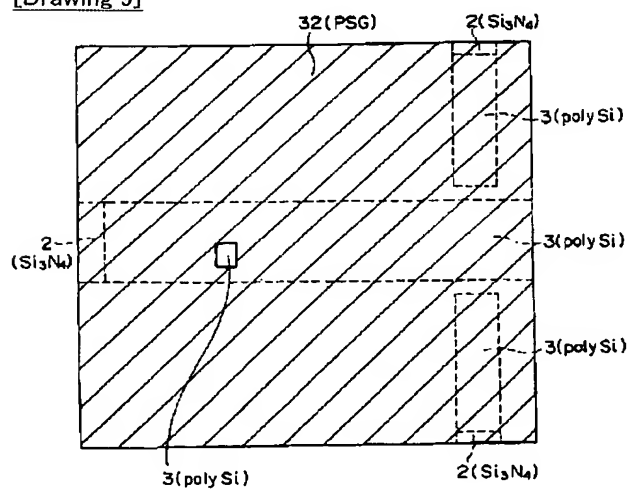
[Drawing 20]



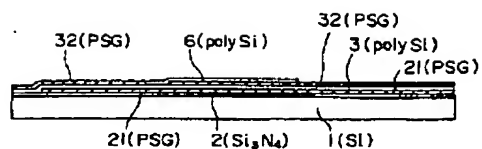
[Drawing 7]



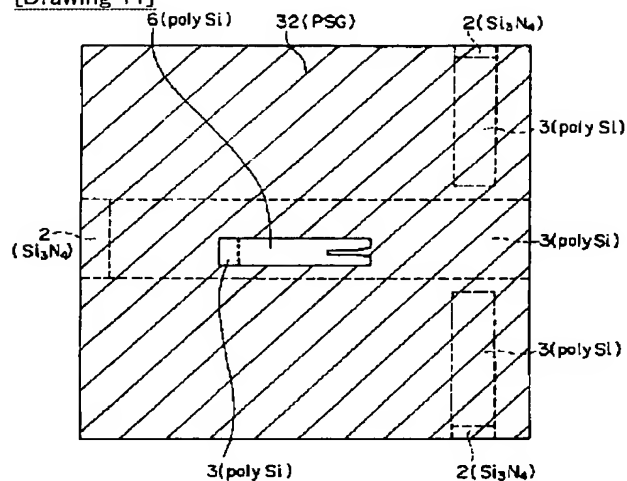
[Drawing 9]



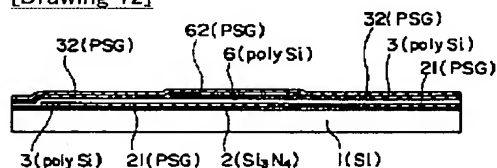
[Drawing 10]



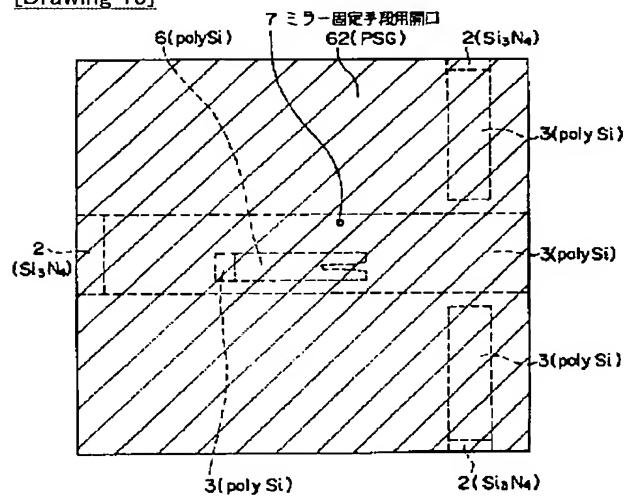
[Drawing 11]



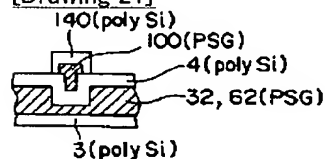
[Drawing 12]



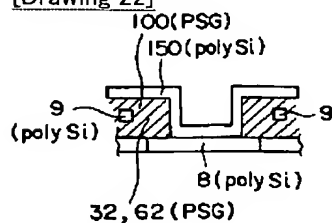
[Drawing 13]



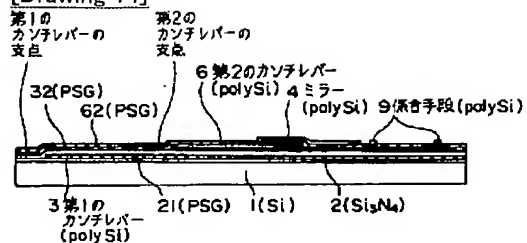
[Drawing 21]



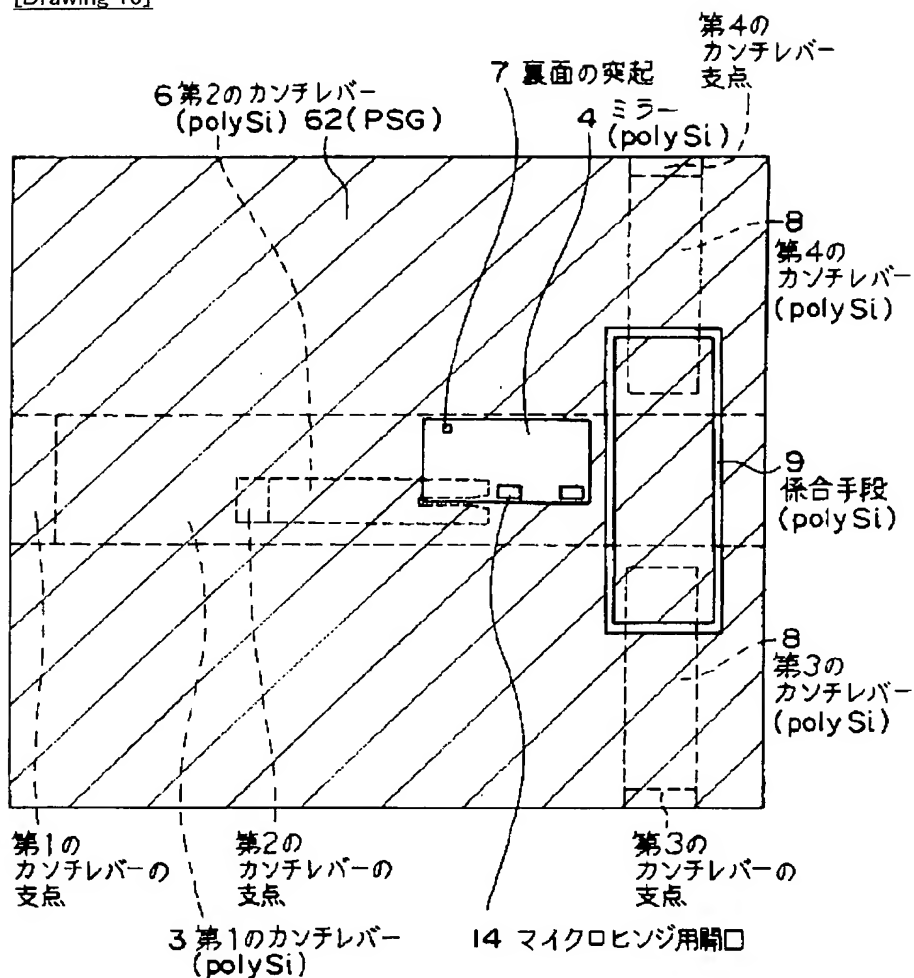
[Drawing 22]



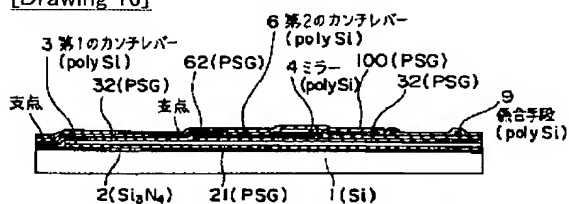
[Drawing 14]



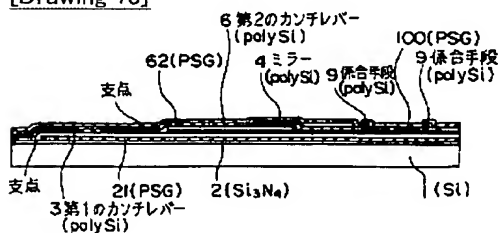
[Drawing 15]



[Drawing 16]

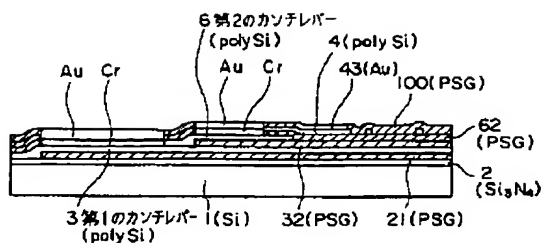


[Drawing 18]

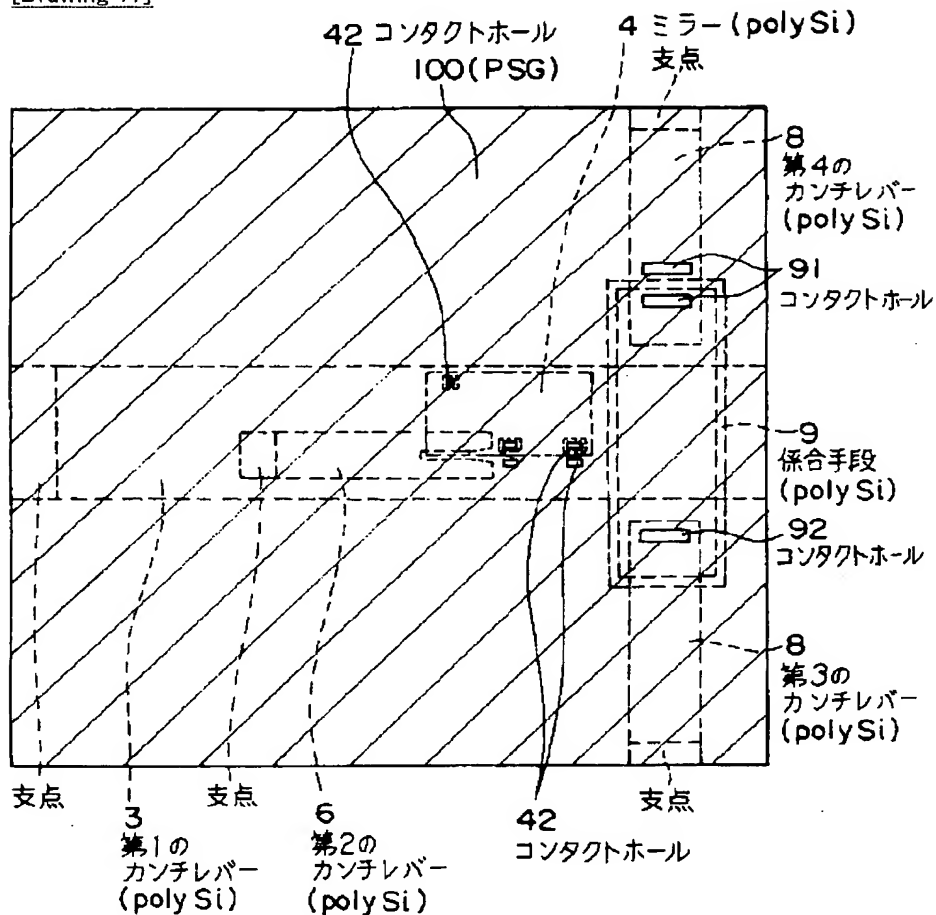


[Drawing 23]

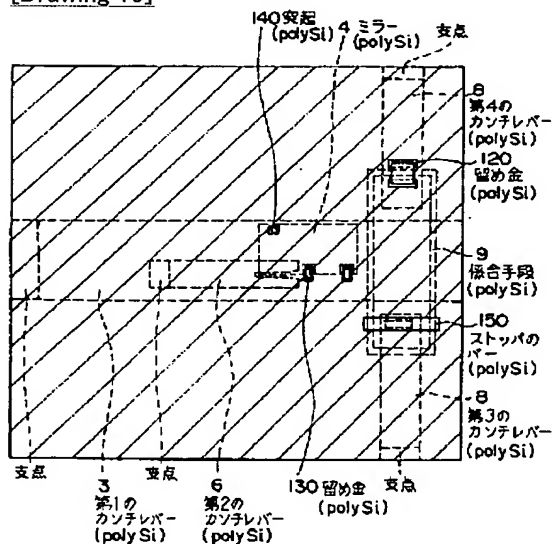




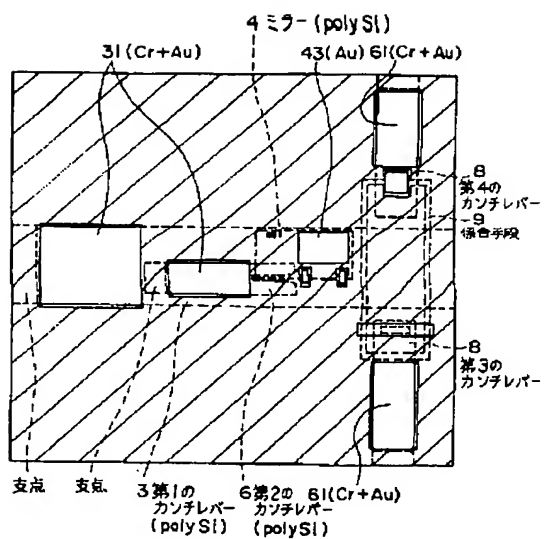
[Drawing 17]



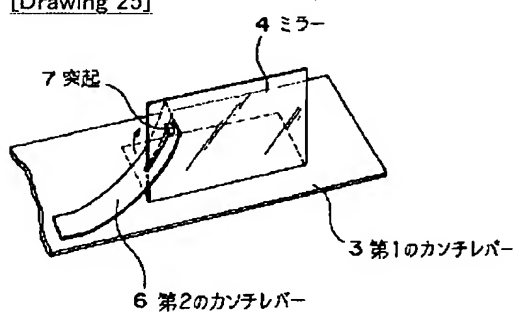
[Drawing 19]



[Drawing 24]



[Drawing 25]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-23073

(P2002-23073A)

(43) 公開日 平成14年1月23日 (2002.1.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 26/08

G 0 2 B 26/08

E 2 H 0 4 1

B 8 1 B 3/00

B 8 1 B 3/00

B 8 1 C 1/00

B 8 1 C 1/00

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-200383(P2000-200383)

(22) 出願日 平成12年7月3日(2000.7.3)

(71) 出願人 591230295

エヌティティエレクトロニクス株式会社  
東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号

(72) 発明者 屋代 武久

東京都渋谷区道玄坂1丁目12番1号 エヌ  
ティティエレクトロニクス株式会社内

(74) 代理人 100083334

弁理士 寒川 誠一

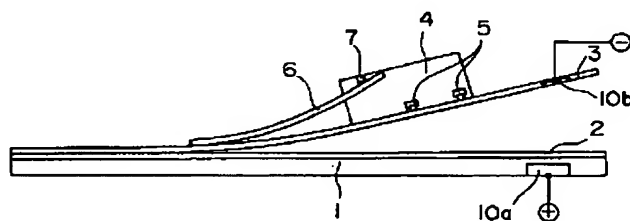
Fターム(参考) 2H041 AA14 AB13 AC06 AZ02 AZ08

(54) 【発明の名称】 MEMS光スイッチとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】耐振動性が良く、ミラー設置精度が良く、光路オン・オフの信頼性が優れているようにするMEMS光スイッチの改良とその製造方法の改良とである。

【解決手段】基板上に形成される絶縁物層の上に設けられており、基板の1端近傍に1端が固定され、他端は上方向に跳ね上げられる形状の自由端である第1のカンチレバーと、第1のカンチレバーの自由端近傍に、第1のカンチレバーの上面に垂直に、第1のカンチレバーの上面に形成されるヒンジを介して取り付けられるミラーと、第1のカンチレバー上に重ねて設けられ、第1のカンチレバーの固定端近傍に固定端が設けられ、他端は上方向に跳ね上げられる形状の自由端であり、自由端が構成するミラー挟持用スリットを介してミラーを挟み固定する第2のカンチレバーと、ミラーの面に向かって光を照射する信号光照射手段と、ミラーの面からの信号光を入射される信号光入射手段の少なくとも一つとを有し、第1・第2のカンチレバーの上下方向移動に対応して、光信号の切り替えができる構造のMEMS光スイッチである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 1端近傍に光スイッチオンオフ動作信号入力用電極の一方が設けられる基板と、

該基板上に形成される絶縁物層の上に設けられており、前記基板の他端近傍に1端が固定され、他端は自由であり、該自由の他端は自然状態において上方向に跳ね上げられる形状であり、該自由の他端近傍に光スイッチオンオフ動作信号入力用電極の他方が設けられる第1のカンチレバーと、

該第1のカンチレバーの前記他端近傍に、前記第1のカンチレバーの長辺に平行に、該第1のカンチレバーの上面に垂直に、該第1のカンチレバーの上面上に形成されるヒンジを介して取り付けられるミラーと、

前記第1のカンチレバー上に重ねて設けられ、該第1のカンチレバーの前記1端近傍に固定端が設けられ、他端は自由であり、該自由の他端は自然状態において上方向に跳ね上げられる形状であり、該他端近傍が構成するミラー挟持用スリットを介して前記ミラーを挟み固定する第2のカンチレバーと、

前記ミラーの面に向かって信号光を照射する信号光照射手段と、

前記ミラーの面からの信号光を入射される信号光入射手段の少なくとも一つとを有することを特徴とするMEMS光スイッチ。

【請求項2】 前記ミラーの前記第2のカンチレバーの自由端に近い端部近傍の上部の両面に形成される突起よりなり、前記第2のカンチレバーの前記ミラー挟持用スリットの先端近傍がこれを持ち上げ、前記第2のカンチレバーが前記ミラーを上方に吊り上げて、前記ミラーを固定する、ミラー固定手段を有することを特徴とする請求項1記載のMEMS光スイッチ。

【請求項3】 前記第1のカンチレバーの前記他端を両側から挟んで、前記第1のカンチレバーと交差する方向に、前記基板上に形成され、二つの固定端は前記第1のカンチレバーから離隔して設けられ、二つの自由端は前記第1のカンチレバーに近接して設けられ、該第1のカンチレバーに近接している二つの自由端は上方に向かって跳ね上げられてなる、第3・第4のカンチレバーと前記第1のカンチレバーの前記他端が過度に上昇することを禁止するために、前記第3・第4のカンチレバーの二つの自由端と係合する係合手段とを有する第1のカンチレバー過動作禁止手段を有することを特徴とする請求項1または2記載のMEMS光スイッチ。

【請求項4】 基板上に絶縁物層を形成する工程と、該絶縁物層上にPSG（リン珪酸ガラス）層を形成し、該PSG層を前記基板の他端近傍（第1のカンチレバーの支点となる領域）上から除去する工程と、該PSG層上と前記基板上とに、不純物を含み導電性であり第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、

前記第1のカンチレバー用多結晶シリコン層を第1のカンチレバーの形状にパターンニングする工程と、

前記第1のカンチレバー用多結晶シリコン層上にPSG層を形成し、該PSG層を前記基板の他端近傍からいくらか離隔した領域（第2のカンチレバーの支点となる領域）上から除去する工程と、

該PSG層上と前記第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層上とに第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、

該第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、1端にミラー挟持用スリットを有する第2のカンチレバーの形状にパターンニングする工程と、

前記第1のカンチレバー用多結晶シリコン層と前記第2のカンチレバー用多結晶シリコン層との上に、PSG層を形成する工程と、

前記第1のカンチレバー上にミラー固定用突起を形成するためにエッチングする工程と、

該PSG層上にミラー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、

該ミラー用の多結晶シリコン層を、1辺に沿ってヒンジを有するミラーの形状にパターンニングし、該ヒンジを有する1辺の1部が前記ミラー挟持用スリットの間に位置するようにする工程と、

PSG層を形成する工程と、

前記PSG層を、ヒンジの支点となる領域から除去する工程と、

多結晶シリコン層を形成し、ヒンジ用留め金の形状にエッチングによりミラー端がスリットの間に来るように残す工程と、

前記ミラー固定用突起の形状にエッチングにより残す工程と、

前記第1のカンチレバー用と前記第2のカンチレバー用との多結晶シリコン層の他端近傍のPSG層をエッチングする工程と、

該多結晶シリコン層の上に、クロム層と金層との二重層を形成する工程と、

前記ミラー用の多結晶シリコン層の上に金層を形成する工程と、

前記PSG層を溶解して、前記第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、他端が自然状態において上方向に向かって湾曲している第1のカンチレバーに転換し、前記第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、他端が自然状態において上方向に向かって湾曲している第2のカンチレバーに転換し、前記ミラー挟持用スリットを介して前記ミラーを前記第1のカンチレバーの上面に対して垂直に方向変更し、前記ミラー固定手段を介して該ミラーを固定する工程と、前記ミラーの面に向かって信号光を照射する信号光照射手段を形成する工程と、前記ミラーの面からの信号光を入射される信号光入射手段を形成する工程とを有することを特徴とするMEMS光スイ

ツチの製造方法。

【請求項5】 前記第1のカンチレバーの前記他端を両側から挟んで、前記第1のカンチレバーに交差する方向に、前記基板上に、二つの固定端は前記第1のカンチレバーから離隔し、自然状態において上方向に向かって湾曲している二つの自由端は前記第1のカンチレバーに近接している第3・第4のカンチレバーを形成する工程と、

前記第1のカンチレバーの前記他端が過度に上昇することを禁止するために前記第3・第4のカンチレバーの二つの自由端と係合する係合手段を形成する工程とを有することを特徴とする請求項4記載のMEMS光スイッチの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、マイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (micro electro mechanical system 以下、MEMSと略称する。) 光スイッチの改良とその製造方法の改良とに関する。特に、構造の改良においては、機構精度を向上し、信頼性を向上し、また、製造方法の改良においては、基板上に平行な平面状に形成されているミラーを、自動的に、容易に、正確に、しかも、高精度に、垂直に方向転換して立ち上げることができるようにする改良に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造方法において、フォトリソマスクを使用してフォトリソを選択的に露光する選択的露光法、前記の露光済みのフォトリソを現像してエッチング用マスクを製造し、このエッチング用マスクを使用して選択的エッチングをなす選択的エッチング法、さらには、リフトオフ法、これらを使用してなすパターンニング法等の半導体装置製造用成形工程は広く知られている。この半導体装置製造用成形工程を使用して、半導体装置以外の有体物を製造する工程及びかかる工程を使用して製造した有体物をマイクロ・エレクトロ・メカニカル・システム (micro electro mechanical system 以下、MEMSと略称する。) と言う。このMEMS工程は各種の微細な機構部材の製造方法にも使用されることができ、本明細書においては、かかる微細な機構部材をMEMS素子と呼ぶことにする。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】かかるMEMS工程を使用して製造され、その外形寸法が1mm以下である光スイッチが知られている。本発明は、このMEMS光スイッチの改良である。従来技術に係るMEMS光スイッチにおいては、ミラーがカンチレバー上に垂直に固定されており、このミラーを支持するカンチレバーを静電力を使用して駆動して、光信号をオン・オフすることゝされているが、ミラーを垂直に支持するために使用されているマイクロヒンジ機構にはある程度ガタが避け難い

ため、耐振動性が悪く、ミラー設置精度が悪く、光路オン・オフの信頼性が劣るという欠点がある。また、その製造方法においては、基板上に平行な平面状に形成されているミラーを垂直に方向転換して立ち上げる作業が容易ではないという欠点がある。

【0004】本発明の目的は、上記の欠点を解消することにより、耐振動性が良く、ミラー設置精度が良く、光路オン・オフの信頼性が優れているMEMS光スイッチを提供することにより、それに加えて、基板上に平行な平面状に形成されているミラーを、自動的に、容易に、正確に、しかも、高精度に、垂直に方向転換して立ち上げる方法を有するようにするMEMS光スイッチの製造方法を提供することにある。

【0005】上記の目的の内、第1の目的 (MEMS光スイッチの提供) は、1端近傍に光スイッチオンオフ動作信号入力用電極の一方が設けられる基板と、この基板上に形成される絶縁物層の上に設けられており、基板の他端近傍 (第1のカンチレバーの支点領域) に1端が固定され、他端は自由であり、この自由の他端は自然状態において上方向に向かって湾曲しており (上方向に跳ね上げられる形状であり)、この自由の他端近傍に光スイッチオンオフ動作信号入力用電極の他方が設けられる第1のカンチレバーと、第1のカンチレバーの前記の他端近傍 (第2のカンチレバーの支点領域) に、第1のカンチレバーの長辺に平行に、第1のカンチレバーの上面に垂直に、第1のカンチレバーの上面上に形成されるヒンジを介して取り付けられるミラーと、第1のカンチレバー上に重ねて設けられ、第1のカンチレバーの前記の1端近傍に固定端が設けられ、他端は自由であり、この自由の他端は自然状態において上方向に向かって湾曲しており (上方向に跳ね上げられる形状であり)、この自由の他端が構成するミラー挟持用スリットを介してミラーを挟み固定する第2のカンチレバーと、ミラーの面に向かって光を照射する信号光照射手段と、ミラーの面からの信号光を入射される信号光入射手段の少なくとも一つを有する構造のMEMS光スイッチによって達成される。上記の構造のMEMS光スイッチにおいて、ミラーの固定を確実にするため、ミラー面に形成される突起よりなり、この突起が第2のカンチレバーによって持ち上げられることによりミラーが上方に吊り上げられて固定されるミラー固定手段を設けることは、機構精度特にミラー設置精度を向上し、信頼性を向上するために有効である。上記いずれの構造のMEMS光スイッチにおいても、第1のカンチレバーの他端が過度に上昇するという虞があるので、この欠点を解消するため、第1のカンチレバーの前記の他端を両側から挟んで、第1のカンチレバーと交差する方向に、基板上に形成され、二つの固定端は第1のカンチレバーから離隔して設けられ、自然状態において上方向に向かって湾曲している二つの自由端は第1のカンチレバーに近接して形成される第3・第4

のカンチレバーを設け、この第3・第4のカンチレバーの二つの自由端に係合する係合手段を設け、この係合手段を使用して、第1のカンチレバーの先端（他端）が過度に上昇することを抑制する、第1のカンチレバー過動作禁止手段を設けることは、安全性と信頼性を向上するために有効である。

【0006】上記の目的の内、第2の目的（MEMS光スイッチの製造方法の提供）は、基板上に絶縁物層を形成する工程と、この絶縁物層上にPSG（リン珪酸ガラス）層を形成し、このPSG層を基板の他端近傍（第1のカンチレバーの支点となる領域）上から除去する工程と、このPSG層上と基板上とに、不純物を含み導電性であり第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、この第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層を第1のカンチレバーの形状にパターニングする工程と、前記の第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層上にPSG層を形成し、このPSG層を基板の他端近傍からいくらか離隔した領域（第2のカンチレバーの支点となる領域）上から除去する工程と、このPSG層上と第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層上とに第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、この第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、一端にミラー挟持用スリットを有する第2のカンチレバーの形状にパターニングする工程と、第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層と第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層との上にPSG層を形成する工程と、第1のカンチレバー上にミラー固定用突起を形成ためにエッチングする工程と、このPSG層上にミラー用の多結晶シリコン層を形成する工程と、このミラー用の多結晶シリコン層を、1辺に沿ってヒンジを有するミラーの形状でヒンジを有する1辺の一部がミラー挟持用スリットの間に位置するようにパターニングする工程と、PSG層を形成する工程と、このPSG層を、ヒンジの支点となる領域から除去し、且つ、ミラー固定用突起部に残す工程と、第1のカンチレバー用と第2のカンチレバー用との多結晶シリコン層の他端近傍の上に、クロム層と金層との二重層を形成する工程と、ミラー用の多結晶シリコン層の上に金層を形成する工程と、PSG層を溶解して、第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、他端が自然状態において上方向に向かって湾曲している第1のカンチレバーに転換し、第2のカンチレバー用の多結晶シリコン層を、他端が自然状態において上方向に向かって湾曲している第2のカンチレバーに転換し、ミラー挟持用スリットを介してミラーを第1のカンチレバーの上面に対して垂直に方向変更し、ミラー固定手段を介してミラーを固定する工程と、ミラーの面に向かって信号光を照射する信号光照射手段を形成する工程と、ミラーの面からの信号光を入射される信号光入射手段を形成する工程とを有する、MEMS光スイッチの製造方法によって達成される。ここで、段落0005において説明した第

1のカンチレバー過動作禁止手段を形成することは有効である。

#### 【0007】

【作用】本発明は、半導体装置製造用成形工程として広く知られている、選択的露光法、選択的エッチング法、リフトオフ法、これらの方法を使用してなすパターニング法等を使用して製造するMEMS光スイッチの機構精度、特にミラー設置精度を向上し、信頼性を向上する改良である。従来技術に係るMEMS光スイッチにおいては、ミラーがカンチレバー上に垂直に固定されているが、ミラーを垂直に支持するために使用されているマイクロヒンジ機構にある程度ガタが避け難いため、耐振動性が悪く、ミラー設置精度が悪く、光路オン・オフの信頼性が劣るという欠点があったので、この欠点を解消するため、第2のカンチレバーという新規な概念を導入し、この第2のカンチレバーには、これも新規な概念であるミラー挟持用スリットを形成しておき、この第2のカンチレバー用多結晶シリコン層を支点領域を除いて第1のカンチレバー用多結晶シリコン層の上にPSG層を介して形成しておき、さらに、その上に、ミラー用多結晶シリコン層をヒンジの支点領域を除いてPSG層を介して形成しておき、最後に、PSG層を溶解して、第1のカンチレバーと第2のカンチレバーとミラーとを、一括して同時に自由状態にして、自動的にミラーを立ち上げることにしたものである。その結果、ミラーは、第1のカンチレバー上に、ミラー挟持用スリットを介して自動的に立ち上げられ、その後、垂直に保持されることになる。さらに、この保持姿勢の正確性をエンハンスするため、ミラー固定手段という新規な概念を導入して、ミラーが、第1のカンチレバー上に極めて正確に垂直に保持されることにしたものである。これに加えて、第1のカンチレバー過動作禁止手段という新規な概念を導入して、第1のカンチレバーの他端が過度に上昇する虞があるという欠点を解消したものであり、安全性と信頼性が顕著に向上している。なお、カンチレバー用の多結晶シリコン層上にクロム層と金層との二重層を、クロムと金との堆積温度（比較的高温である。）において、形成する理由は、後の工程において、フッ酸（HF）を使用して、カンチレバー用の多結晶シリコン層の下地をなすPSGの層を溶解除去したとき、常温において、第1・第2・第3・第4のカンチレバー3・6・8・8を上方向に向かって跳ね上がる形状にするためである

【0008】これらの新たに導入された四つの新規な概念（第2のカンチレバーとミラー挟持用スリットとミラー固定手段と第1のカンチレバー過動作禁止手段と）は、上記のとおり、MEMS光スイッチに構造的利益を齎すことは明らかであるが、これに加えて、上記の新規な概念がMEMS光スイッチの製造工程の最終工程（PSG層を溶解して、第1のカンチレバーと第2のカンチレバーとミラーとを、一括して同時に自由状態にする工

程)において、ミラーを、自動的に、容易に、正確に、しかも、高精度に、垂直に方向転換することができるようになったという方法的利益も齎すことが重要である。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、本発明に係るMEMS光スイッチとMEMS光スイッチの製造方法とを説明する。

#### 【0010】第1実施例(請求項1・2に対応)

図1・図2参照

図1は側面図であり、図2は平面図である。図において、1はシリコン基板であり寸法の1例は、 $700\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ である。2は $\text{Si}_3\text{N}_4$ 板よりなる絶縁物層であり、3は第1のカンチレバーであり、図において、その左端が絶縁物層2に固定されて支点として機能しており、その右端は自由端であり、図においては、上方向に跳ね上がる状態にある。上方向に跳ね上がる理由は、第1のカンチレバー3は、多結晶シリコン層の上に、クロムと金との堆積温度(比較的高温である。)において、クロム層と金層との二重層が形成されているので、常温において、第1のカンチレバー3の中に、上方向のストレインが発生するからである。4はミラーであり、その下辺は第1のカンチレバー3にマイクロヒンジ5を介して取り付けられて、第1のカンチレバー3の上面に垂直に固定されている。6が本発明の要旨に係る第2のカンチレバーであり、図において、その左端が第1のカンチレバー3に固定されて支点として機能しており、その右端は自由端であり、図においては、上方向に跳ね上がる状態にする。第1のカンチレバー3が上方向に跳ね上がる状態にあるのと全く同一の理由による。第2のカンチレバー6の先端(右端)は、ミラー4を挟むミラー挟持用スリットとされている。下記する工程をもって、各部材がモノリシックに形成された後、基板1の面に平行に形成されているミラー4を基板1に垂直な方向に立てる工程において、上記のミラー挟持用スリットを通してミラー4が自動的に立ち上がる。7はミラーを固定するミラー固定手段(ミラーの両面に設けられる突起である。)であり、第2のカンチレバー6と係合してミラー4を上方向に吊り上げ、ミラー4を正確に垂直に保持する機能を有する。以上の構成が、ミラー4を図において上下に移動するミラー駆動機構である。

#### 【0011】図1・図2再参照

図において、10a・10bは、基板1と第1のカンチレバー3との間に電圧を印加して静電界を発生して第1のカンチレバー3を図において上下に移動させて、ミラー4を図において上下に移動させるカンチレバー駆動手段の電極、すなわち、光スイッチオンオフ動作信号入力用電極である。11a・11b・11cは、第1のカンチレバー3の上下方向移動により光路が切り換えられる光路切り替え用光学系手段(光ファイバ・光導波路・発光素子・受光素子等)である。例えば、ミラー4が高い

位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11cに入射し、ミラー4が低い位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11bに入射するというように動作する。なお、図2においては、光路切り替え用光学系手段が基板上から外れて図示されているが、各部材の関係位置を表したものであり、特別の意味はない。

#### 【0012】第2実施例(請求項3に対応)

図3・図4参照

図3は側面図であり、図4は平面図である。図において、1はシリコン基板であり、形状は例えば矩形であり、寸法は例えば長辺の長さが $900\mu\text{m}$ であり短辺の長さが $800\mu\text{m}$ である。2は $\text{Si}_3\text{N}_4$ よりなる絶縁物層であり、3は第1のカンチレバーであり、図において、その左端が絶縁物層2に固定されて支点として機能しており、その右端は自由端であり、図においては、上方向に跳ね上がる状態にある。その理由は、第1実施例に記載した理由と同一である。4はミラーであり、その下辺は第1のカンチレバー3にマイクロヒンジ5を介して取り付けられて、第1のカンチレバー3の上面に垂直に固定されている。6が本発明の要旨に係る第2のカンチレバーであり、図において、その左端が第1のカンチレバー3に固定されて支点として機能しており、その右端は自由端であり、図においては、上方向に跳ね上がる状態にある。その理由も、第1実施例に記載した理由と同一である。第2のカンチレバー6の先端(右端)は、ミラー4を挟むミラー挟持用スリットとされている。下記する工程をもって、各部材がモノリシックに形成された後、基板1に平行に形成されているミラー4を基板1に垂直な方向に立てる工程において、上記のミラー挟持用スリットを通してミラー4が自動的に立ち上がる。7はミラーを固定するミラー固定手段(ミラーの両面に設けられる突起である。)であり、この突起が第2のカンチレバー6によって持ち上げられることにより、ミラー4が上方に吊り上げられて正確に垂直に固定される。以上の構成が、ミラー4を図において上下に移動するミラー駆動機構である。また、8は第3・第4のカンチレバーであり、9は第1のカンチレバーの過大な上昇を禁止する第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段である。

#### 【0013】図3・図4再参照

図において、10a・10bは、基板1と第1のカンチレバー3との間に電圧を印加して静電界を発生して第1のカンチレバー3を図において上下に移動させて、ミラー4を図において上下に移動させるカンチレバー駆動手段の電極、すなわち、光スイッチオンオフ動作信号入力用電極である。11a・11b・11cは、第1のカンチレバー3の上下方向移動により光路が切り換えられる

光路切り替え用光学系手段（光ファイバ・光導波路・発光素子・受光素子等）である。例えば、ミラー4が高い位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11cに入射し、ミラー4が低い位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11bに入射するというように動作する。なお、図4においては、光路切り替え用光学系手段の1部の部材が基板上から一部外れて図示されているが、各部材の関係位置を表したものであり、特別の意味はない。

#### 【0014】図5参照

図は、図3を右方向から見た図である。図において、8は2個の第3・第4のカンチレバーであり、9は第1のカンチレバーの過大な上昇を禁止する第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段である。この実施例の特徴は、第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9が設けられており、第1のカンチレバーが過大に上昇することが禁止されていることである。

【0015】次に、上記のMEMS光スイッチの製造工程を説明する。この発明に係る工程において、層の形成工程にはCVD法を使用することができ、除去工程にはウェットエッチング方法でもドライエッチング方法でも使用可能である。そして、その上に多結晶シリコンが形成されているPSG層を溶解して多結晶シリコン層を自由状態にする工程においては、フッ酸(HF)がPSGに対して強い選択的溶解性を有するという自然法則を積極的に利用している。以下の説明においては、エッチャント等は記載せず、各工程は、比較的簡略に記載する。なお、第1実施例と第2実施例とは、工程的には、概ね同一であるので、製造方法の実施例(第3実施例)としては、第2実施例と同一の構造のMEMS光スイッチの製造方法を記載する。また、ミラー用マイクロヒンジ5の製造工程(第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9の留め金の製造工程も、これと全く同一であるから、同一の図(図20)を参照する。)と、ミラー固定手段7の製造工程と、第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9のストッパーのバーの製造工程とは、複雑であるから、これらのみを、別途、記載する。

#### 【0016】第3実施例(構造は第2実施例と同一)

##### 図6・図7参照

図6は側面図であり、図7は平面図である。1はシリコン基板であり、形状は例えば矩形であり、寸法は例えば長辺の長さが900 $\mu$ mであり短辺の長さが800 $\mu$ mである。シリコン基板1の図において右端には、光スイッチオンオフ動作信号入力用電極10a(図3参照)を形成しておく。シリコン基板1上にSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>層2を形成し、その上にPSG層(phosphosilicate glass リン珪酸ガラス)21を形成する。

第1のカンチレバー3の支点となる領域(図6・図7において左端の四角形)と第3・第4のカンチレバー8の支点となる領域(図7において右側上下端の四角形)から、上記のPSG層21を除去する。PSGを使用する理由は、後の工程において、フッ酸を使用してこのPSGの層を溶解除去し、その上に形成される多結晶シリコンの層を下地層から浮かして自由状態にするためである。また、支点となる領域からPSGの層を除去する理由は、その領域のみにおいて、多結晶シリコンの層3・8をSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の層2に固着するためである。

#### 【0017】図8・図9参照

図8は側面図であり、図9は平面図である。PSG層21の上に、不純物がドーブされていて導電性である第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層3と第3・第4のカンチレバー用の多結晶シリコンの層3(第1のカンチレバー用の多結晶シリコン層と同一であるから、当初は3としておくが、後で、8に移行する。)を形成し、これを、第1のカンチレバー3の形状と第3・第4のカンチレバー8の形状とにパターンニングする。その上に、PSG層32を形成し、これを、第2のカンチレバー6の支点となる領域(図9において中央の白抜きの四角形領域)から除去する。

#### 【0018】図10・図11参照

図10は側面図であり、図11は平面図である。第2のカンチレバー用の多結晶シリコンの層6を形成し、これを、第2のカンチレバー6の形状にパターンニングする。第2のカンチレバー6の形状は、その1端(図10・図11において右端)にミラー挟持用スリットとその先にミラーをこのミラー挟持用スリットに導くV字形のガイドを有する形状にする。左端は支点となる領域である。

#### 【0019】図12・図13参照

図12は側面図であり、図13は平面図である。PSG層62を形成し、ミラー4の両面に設けられるミラー固定手段(形状は突起である。)7の一方(片面側)を形成するために使用する開口(便宜上、これも7をもって示す。)を形成する。理解を容易にするため、図13に、説明用文字を使用する。

#### 【0020】図14・図15参照

図14は側面図であり、図15は平面図である。ミラー用の多結晶シリコンの層4と第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9用の多結晶シリコン層4(将来は9に移行する。)を形成し、これを、ミラー4の形状と第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9の形状とにパターンニングする。このとき、ミラー4にミラー固定手段(突起)7の裏面側の一方がミラー4の裏面に形成される。また、ミラー用マイクロヒンジ5形成用の開口41がミラー4に形成される。理解を容易にするため、この図以降、説明用文字を使用する。

#### 【0021】図16・図17参照

PSG膜100を形成する。その後、ミラー固定手段



(突起) 7用のミラー用コンタクトホール42と、マイクロヒンジ5の留め金用コンタクトホール42と、第1のカンチレバー3の過大な上昇を禁止する第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9のヒンジ用留め金用のコンタクトホール91と、第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9のストッパーのバー用のコンタクトホール92とを、それぞれ、エッチングする。

【0022】図18・図19参照

多結晶シリコン層(全体としては附番せず、各部材毎に下記のとおり番号を附する。)を形成する。そして、バターニング工程を使用して、ミラー用マイクロヒンジ5の留め金130と、ミラー固定手段(突起)7の表面側的一方140と、第1のカンチレバー3の過大な上昇を禁止する第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9の留め金120と、第1のカンチレバー3の過大な上昇を禁止する第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9のストッパーのバー150とを形成する。これら(ミラー用マイクロヒンジ5(図1・図2・図3・図4参照)の留め金130(構造は第1のカンチレバー3の過動作禁止手段の係合手段9の留め金120と同一)と、ミラー固定手段(突起)7の表面側的一方140と、第1のカンチレバー3の過大な上昇を禁止する第1のカンチレバーの過動作禁止手段の係合手段9のストッパーのバー150と)のそれぞれの構造と製造方法とに就いては、図20・図21・図22を参照して、下記に説明する。

【0023】図20参照

ミラー用マイクロヒンジ5の構造と製造方法(第1のカンチレバー3の過動作禁止手段の係合手段9の留め金120の構造と製造方法と同一)

第1のカンチレバー層3(第3・第4のカンチレバー層8と同一)の上に、PSG層32を堆積し、その上に、PSG層62を堆積し、その上に、ミラー層4(第1のカンチレバー3の過動作禁止手段の係合手段9用多結晶シリコン層と同一)を堆積して、これをバターニングし、その上に、PSG層100を堆積して、その下のPSG32とPSG62とともに、これをバターニングし、多結晶シリコン層130(多結晶シリコン層120と同一)を堆積し、バターニングして、ミラー用マイクロヒンジ5(図1・図2・図3・図4参照)の留め金130(第1のカンチレバー3の過動作禁止手段の係合手段9の留め金120と同一)を形成する。これらの各工程は、上記した本体製造工程の中に適宜組み込まれて、結果的に、図示する形状を形成することになる。下記する、PSG層溶解工程において、PSG層を溶解すると、ヒンジ5(第1のカンチレバー3の過動作禁止手段の係合手段9の留め金120と同一)になる。

【0024】図21参照

ミラー固定手段(突起)7の構造と製造方法

第1のカンチレバー層3の上にPSG層32を堆積し、

その上に、PSG層62を堆積して、これをバターニングし、その上に、ミラー層4を堆積し、その上に、PSG層100を堆積して、これをバターニングし、多結晶シリコン層140を堆積し、バターニングする。この工程によって、ミラー4の裏面と表面とに、突起(表面の突起が140)が形成される。これらの各工程は、上記した本体製造工程の中に適宜組み込まれて、結果的に、図示する形状を形成することになる。下記する、PSG層溶解工程において、PSG層を溶解すると、ミラー固定手段(突起)7になる。

【0025】図22参照

第1のカンチレバー3の過大な上昇を禁止する第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9のストッパーのバー150の構造と製造方法

第3・4のカンチレバー層8(第1のカンチレバー層3と同一)の上にPSG層32を堆積し、PSG層62を堆積して、カンチレバーの過大な上昇を禁止する係合手段用の多結晶シリコン層9を堆積して、これをバターニングして、第1のカンチレバー過動作禁止手段の係合手段9を形成し、その上に、PSG層100を堆積して、これをバターニングし、多結晶シリコン層150を堆積し、バターニングする。これらの各工程は、上記した本体製造工程の中に適宜組み込まれて、結果的に、図示する形状を形成することになる。

【0026】図23・図24参照

その後、第1・第2・第3・第4のカンチレバー3・6・8・8の上のPSG層32・62・62・62・100をエッチングし、その下地である多結晶シリコン層3・6・8・8上に、クロム層と金層との二重層31・61を形成する。また、ミラー4上には、金層43を形成する。鏡面を形成するためである。これらのクロム層と金層との二重層を形成する理由は、後の工程において、フッ酸(HF)を使用して上記のPSGの層を溶解除去したとき、第1・第2・第3・第4のカンチレバー3・6・8・8を上方向に向かって跳ね上がる形状にするためである。

【0027】図3・図4・図5再参照・図25参照

フッ酸(HF)の溶液に浸漬して、全てのPSG層21・32・62・100を溶解して、第1・第2・第3・第4のカンチレバー3・6・8・8を上方向に浮かせる。このとき、図25に示すように、当初、図25に破線をもって示すように、第1のカンチレバー3上に平に形成されていたミラー4が、第2のカンチレバー6の立ち上がり動作に連動して、第2のカンチレバー6のミラー挟持用スリットによって、矢印をもって示すように、ミラー4は、自動的に、第1のカンチレバー3の上面に対して垂直に立ち上がり、ミラー固定手段(突起)7の働きによって上方向に吊り上げられて、正確に垂直に固定される。このようにして、MEMS光スイッチの本体が完成する。次に、光スイッチオンオフ動作信号入力用

電極10b(図3参照)を形成する。さらに、このMEMS光スイッチ本体に、第1のカンチレバー3の上下方向移動により光路が切りかえられる光路が切り替え用光学系手段(光ファイバ・光伝送路・発光素子・受光素子等)11a・11b・11cを、図示するように配置する。この光路切り替え用光学系手段は、例えば、ミラー4が高い位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11cに入射し、ミラー4低い位置にある状態においては、例えば光射出用光ファイバ・発光素子等11aから射出された光は、例えば受光用光ファイバ・受光素子等11bに入射するとうように動作する。

#### 【0028】

【発明の効果】以上説明したとおり、本願発明に係るMEMS光スイッチにおいては、MEMS素子の常として、半導体装置製造用成形手段として広く知られている、選択的露光法、選択的エッチング法、リフトオフ法、これらを使用してなすパターンニング法等を使用しているが、ミラー保持用スリットを有する第2のカンチレバーという新規な概念を導入して、この第2のカンチレバー層を第1のカンチレバー層の上にPSG層を介して形成し、さらに、その上に、ミラー層をPSG層を介して形成し、その後でPSG層を溶解して、第1のカンチレバーと第2のカンチレバーとミラー層とを一括立ち上げるとともに、第2のカンチレバーに付属しているミラー挟持用スリットをガイドとしてミラー層を正確に垂直に立ち上げることにしたものであり、ミラーは、第1のカンチレバー上に、ミラー挟持用スリットを介して正確に垂直に保持されることになる。さらに、この保持正確性をエンハンスするため、ミラー固定手段という新規な概念を導入して、ミラーが、第1のカンチレバー上に極めて正確に垂直に保持されることになる。これに加えて第1のカンチレバー過動作禁止手段という新規な概念を導入して、第1のカンチレバーの他端が過度に上昇する虞があるという欠点を解消したものであり、安全性と信頼性とが顕著に向上する。このように、本願発明に係るMEMS光スイッチによれば、耐振動性やミラー設置精度や光路オン・オフの信頼性が向上したMEMS光スイッチを提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の第1実施例に係る光スイッチの側面図

【図2】本願発明の第1実施例に係る光スイッチの平面図

【図3】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの側面図

【図4】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの平面図

【図5】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの側面

図(図3を右から見た図)

【図6】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図7】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図8】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図9】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図10】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図11】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図12】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図13】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図14】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図15】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図16】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図17】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図18】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図19】本願発明の第3実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図20】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図21】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図22】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図23】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(平面図)

【図24】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(側面図)

【図25】本願発明の第2実施例に係る光スイッチの製造工程図(斜視図)

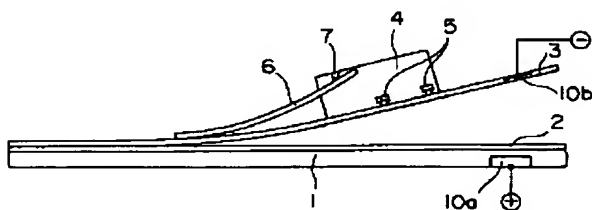
#### 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2  $\text{Si}_3\text{O}_4$ 板よりなる絶縁物層
- 3 第1のカンチレバー
- 4 ミラー
- 5 マイクロヒンジ
- 6 第2のカンチレバー
- 7 ミラー固定手段(突起)
- 8 第3・第4のカンチレバー

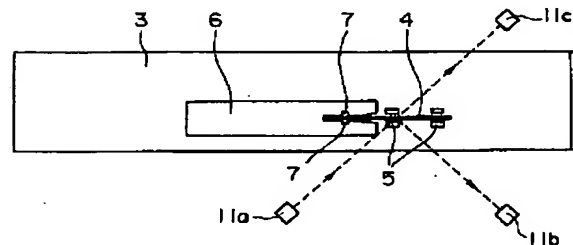
9 第1のカンチレバーの過動作禁止手段に係合手段  
 10a・10b 光スイッチオンオフ動作信号入力用電極  
 11a・11b 光路切り替え用光学系手段（光ファイバ等）  
 21・32・62・100 PSG層  
 31・61 クローム層と金層との二重層  
 41 ミラー用マイクロヒンジ形成用開口  
 42 ミラー用コンタクトホール・マイクロヒンジの留め金用コンタクトホール  
 43 金層

91 第1のカンチレバーの過動作禁止手段に係合手段  
 9の留め金用コンタクトホール  
 92 第1のカンチレバーの過動作禁止手段に係合手段  
 9のストッパーのバー用コンタクトホール  
 120 第1のカンチレバーの過動作禁止手段に係合手段9の留め金  
 130 ミラー用マイクロヒンジ5の留め金  
 140 ミラー固定手段（突起）7の表面側の一方  
 150 第1のカンチレバーの過動作禁止手段に係合手段9のストッパーのバー

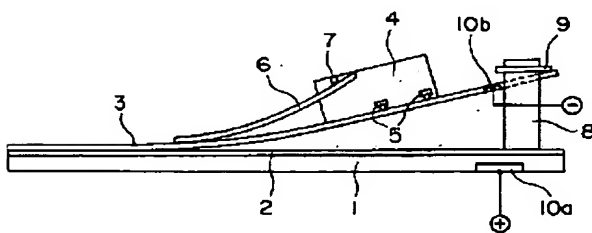
【図1】



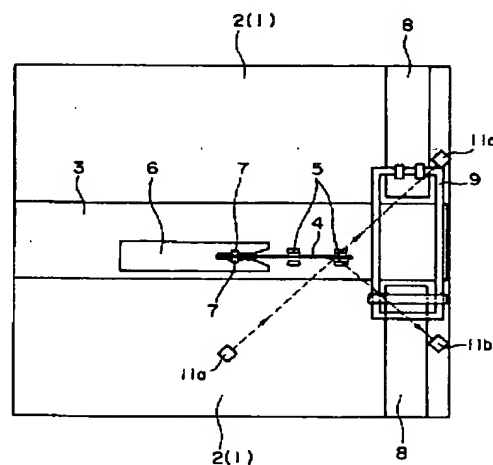
【図2】



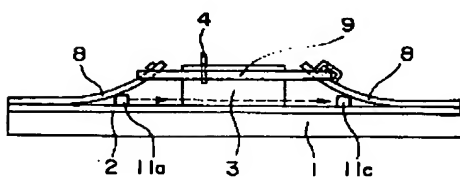
【図3】



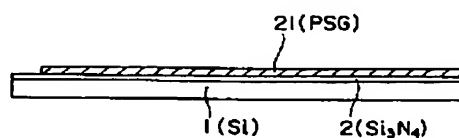
【図4】



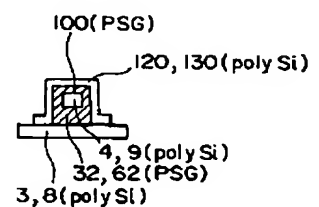
【図5】



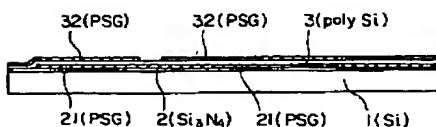
【図6】



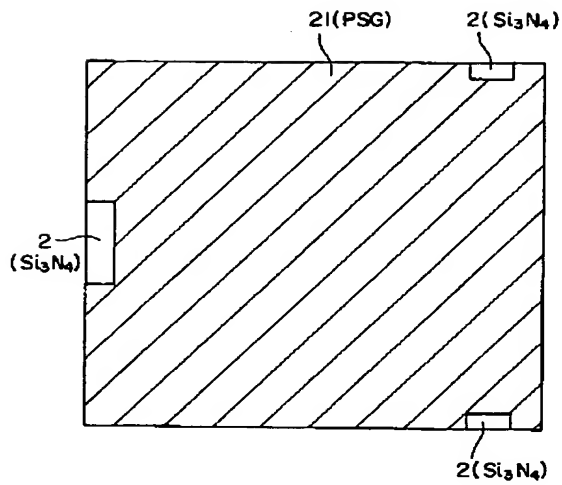
【図20】



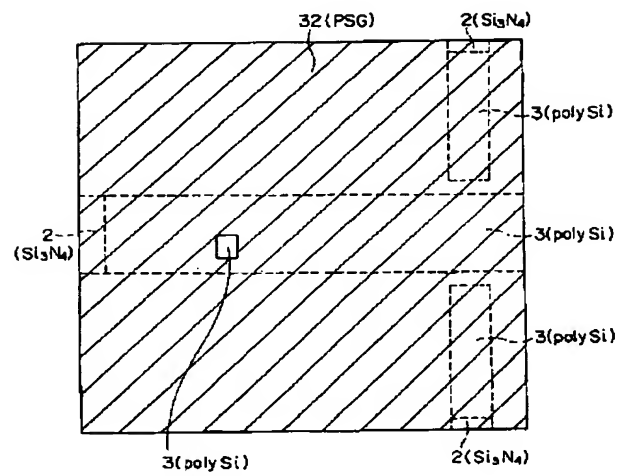
【図8】



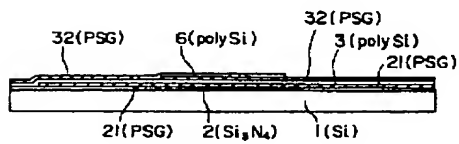
【図7】



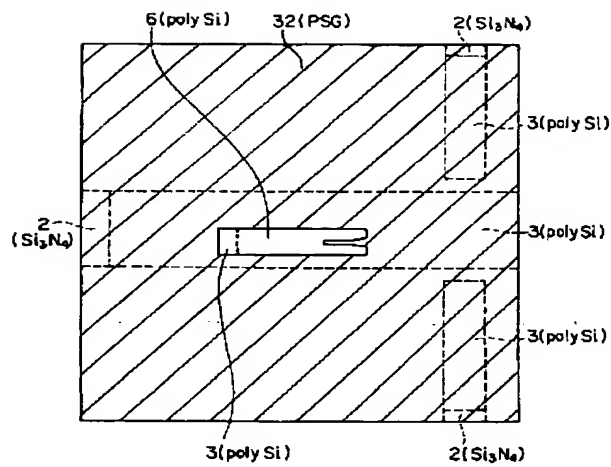
【図9】



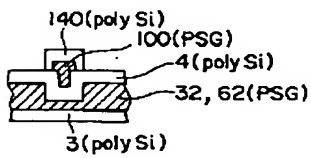
【図10】



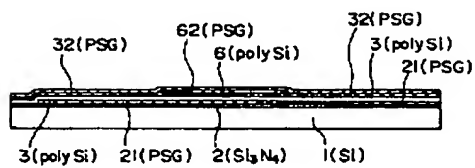
【図11】



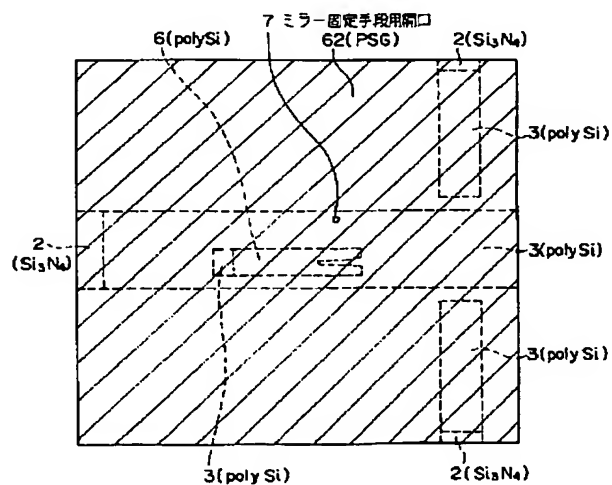
【図21】



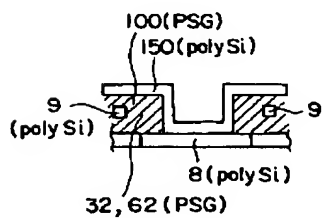
【図12】



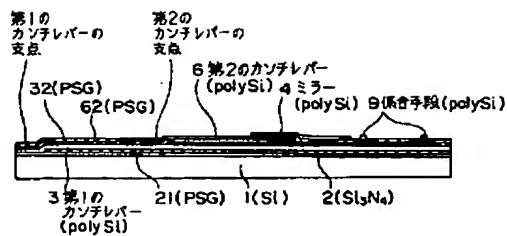
【図13】



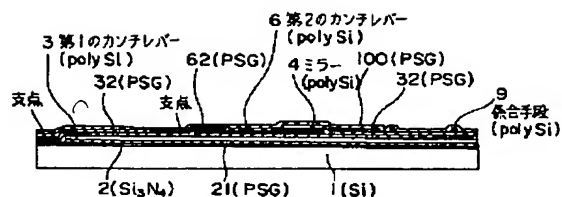
【図22】



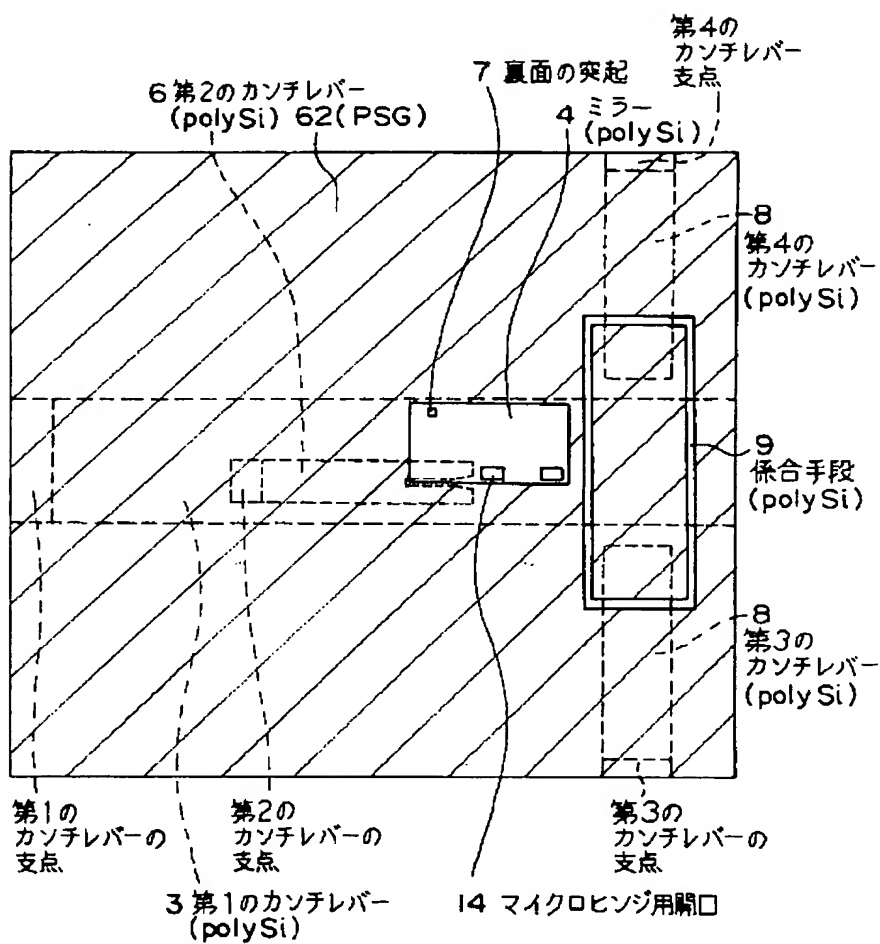
【図14】



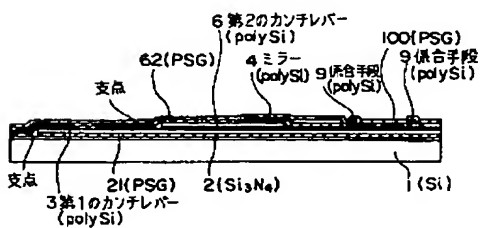
【図16】



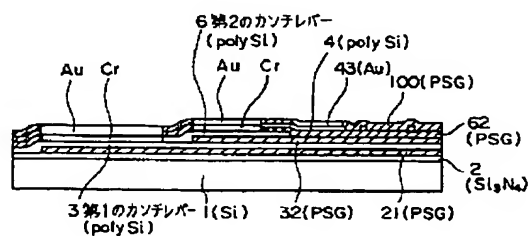
【図15】



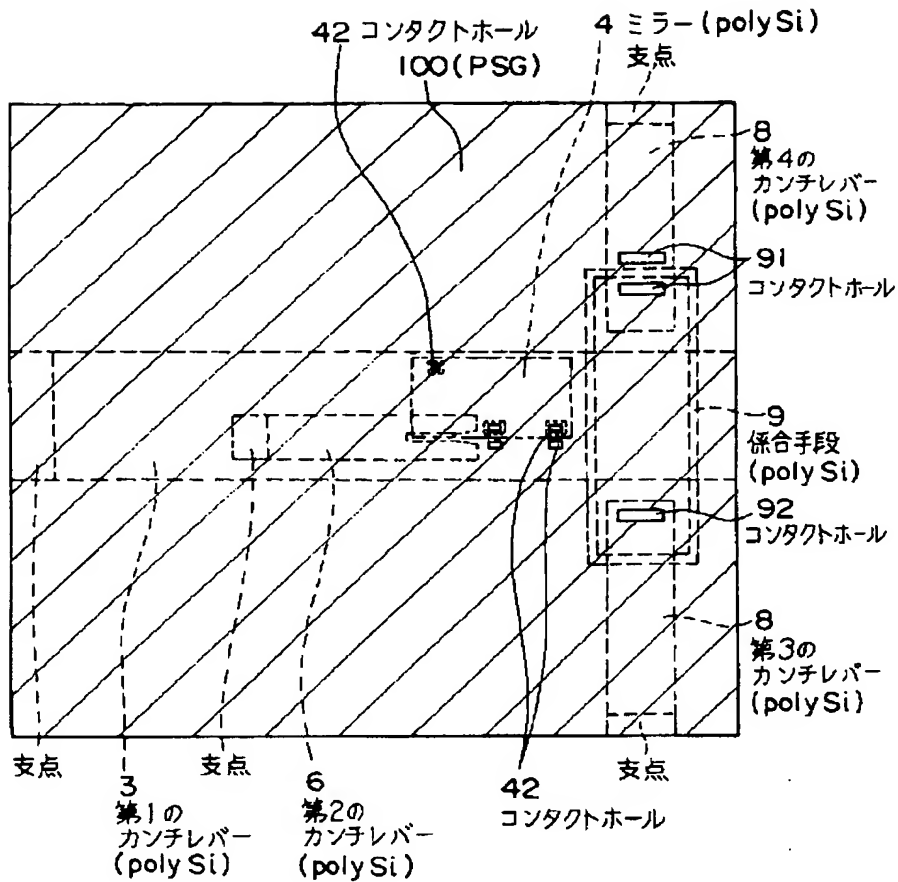
【図18】



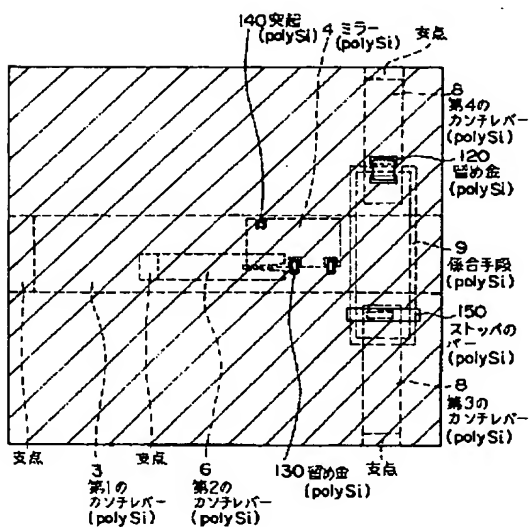
【図23】



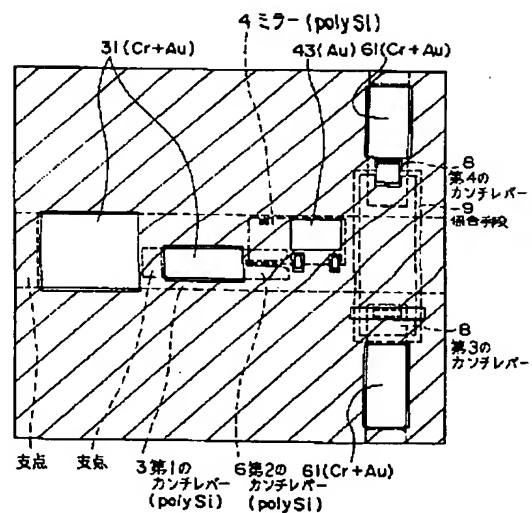
【図17】



【図19】



【図24】



【図25】

